

ComPAS'2014, Neuchâtel, Suisse, 23-25 avril 2014



ANALYSE DE SYSTÈMES EMBARQUÉS PAR STRUCTURATION DE TRACES D'EXÉCUTION

Alexis Martin¹, Generoso Pagano¹,
Jérôme Correnoz², Vania Marangozova-Martin³

¹Inria Grenoble nom.prénom@inria.fr

²STMicroelectronics nom.prénom@st.com

³Université Joseph-Fourier nom.prénom@imag.fr

Les systèmes embarqués

- Définition :
Système conçu pour effectuer une tâche précise avec des contraintes : calcul temps-réel, cout matériel, consommation
- Evolution :
De plus en plus présents...



... et complexes :
architecture matérielle, couches logicielles multiples, applications.

- Problèmes :
Plus de bogues, difficiles à trouver

Débogage d'une application

	Interactif	Post-mortem
?	Le plus courant : GDB Points d'arrêts, suivre l'exécution	Capture de ce qui se passe Trace d'execution : historique
+	Observation ciblée Modifier une variable, appel de fonction	Vision globale Perturbe moins que l'interactif
-	Perturbe, modifie l'exécution du programme Comment faire avec plusieurs entités ?	Beaucoup de données collectées Comment les traiter ?

Débogage d'une application

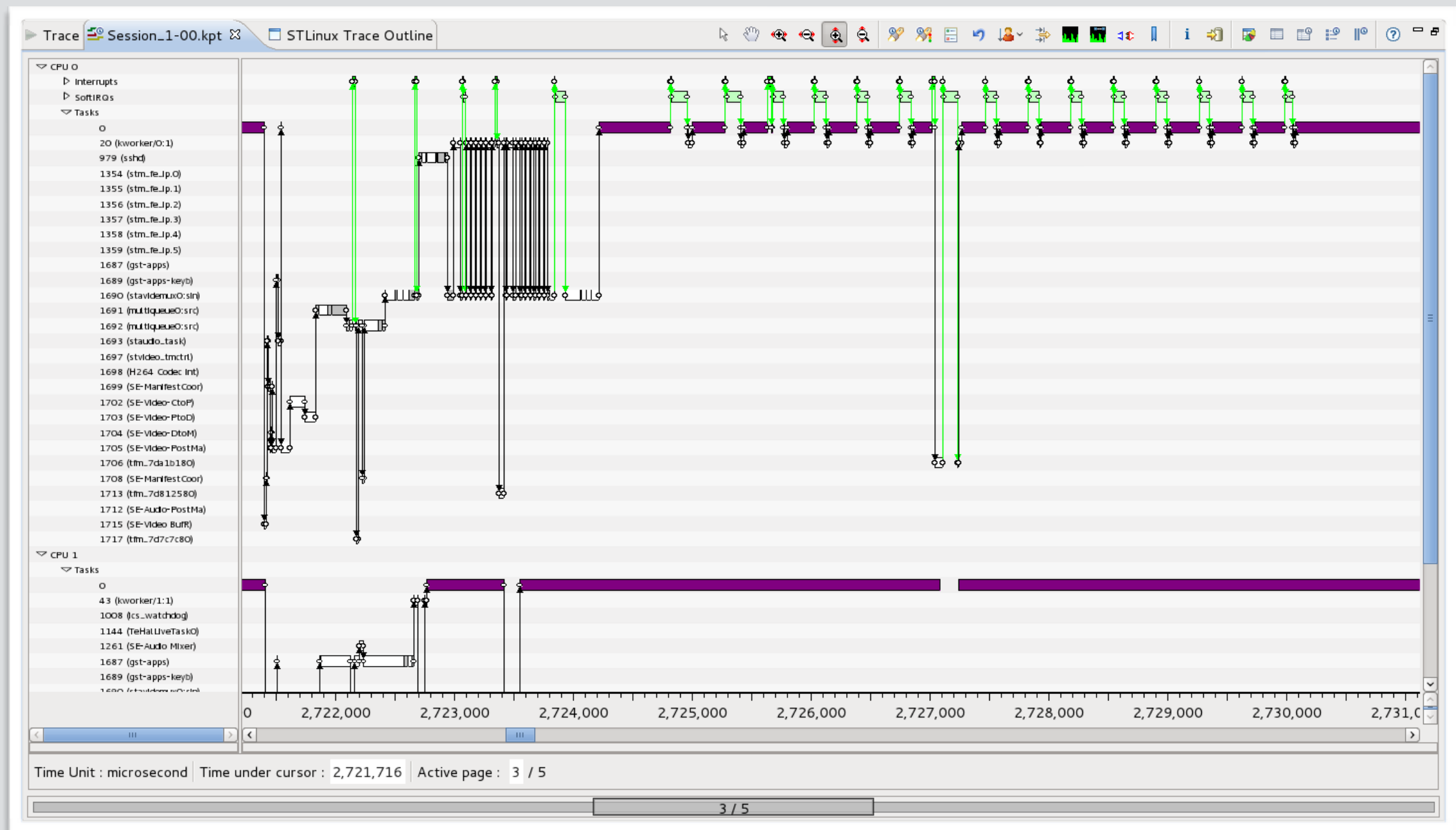
	Interactif	Post-mortem
?	Le plus courant : GDB Points d'arrêts, suivre l'exécution	Capture de ce qui se passe Trace d'exécution : historique
+	Observation ciblée Modifier une variable, appel de fonction	Vision globale Perturbe moins que l'interactif
-	Perturbe, modifie l'exécution du programme Comment faire avec plusieurs entités ?	Beaucoup de données collectées Comment les traiter ?

```

266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
...

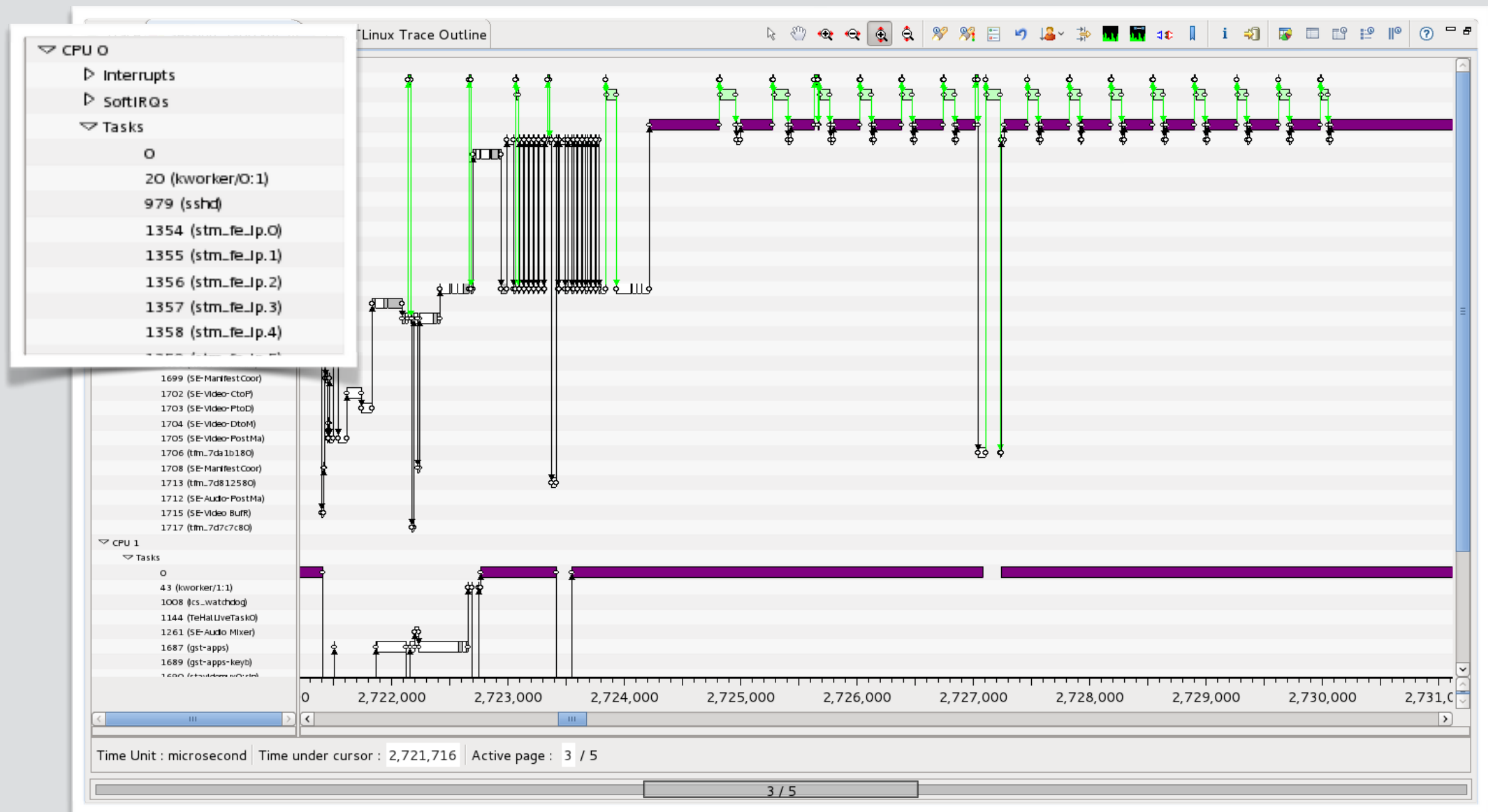
```

Analyse de traces dans l'embarqué



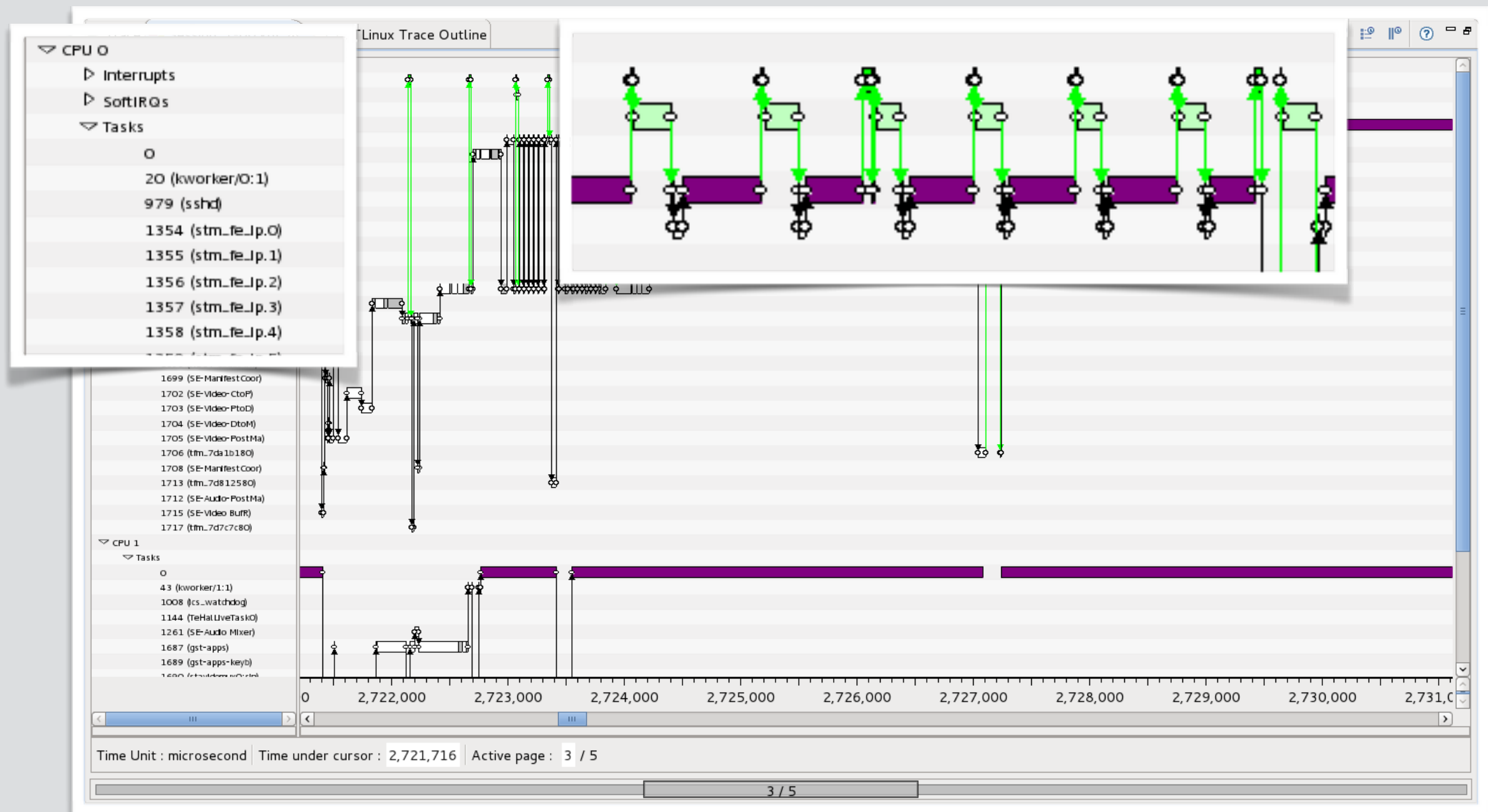
- Exemple typique, outil de visualisation de trace
- Informations de bas niveau

Analyse de traces dans l'embarqué



- Exemple typique, outil de visualisation de trace
- Informations de bas niveau

Analyse de traces dans l'embarqué

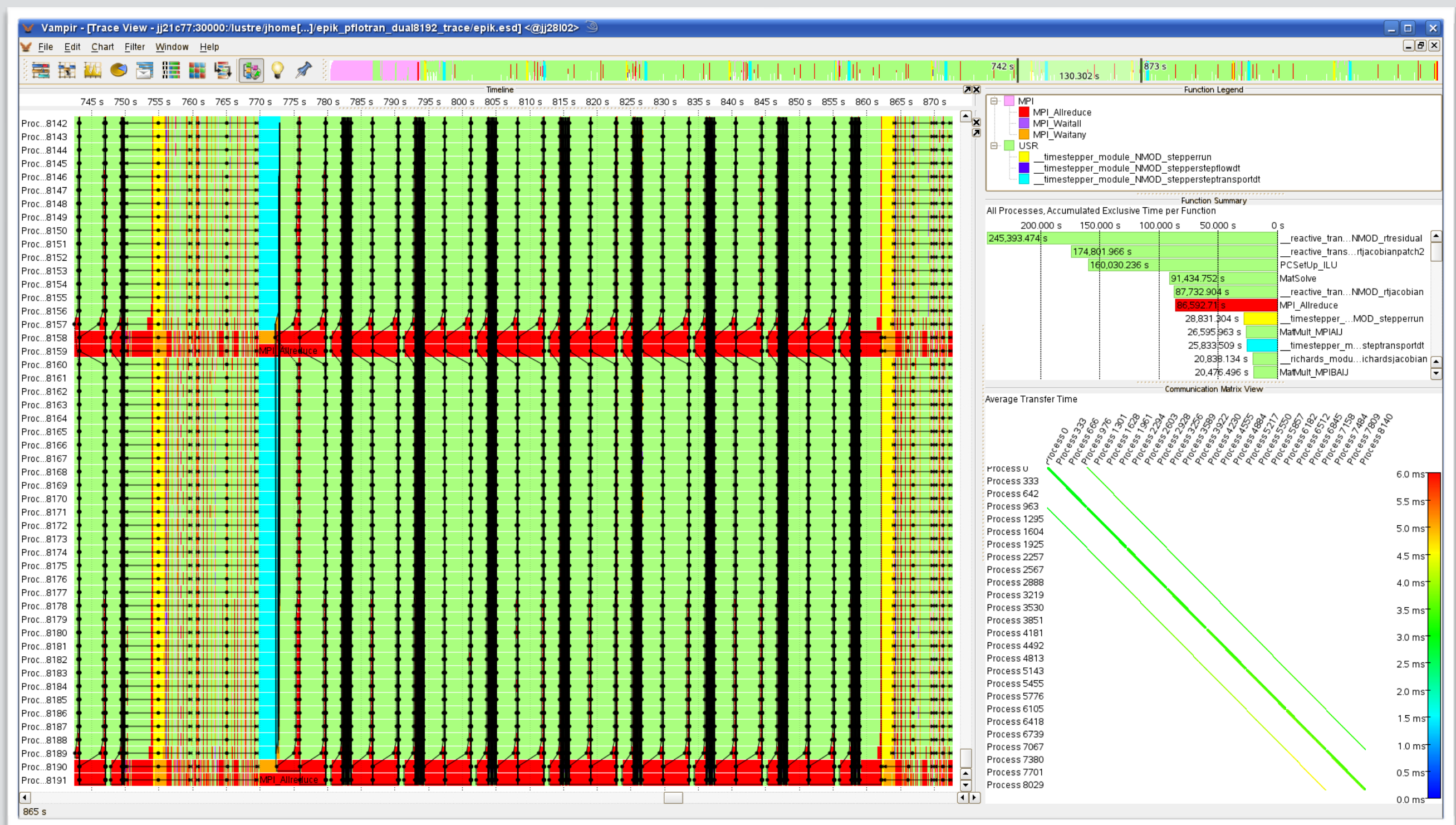


- Exemple typique, outil de visualisation de trace
- Informations de bas niveau

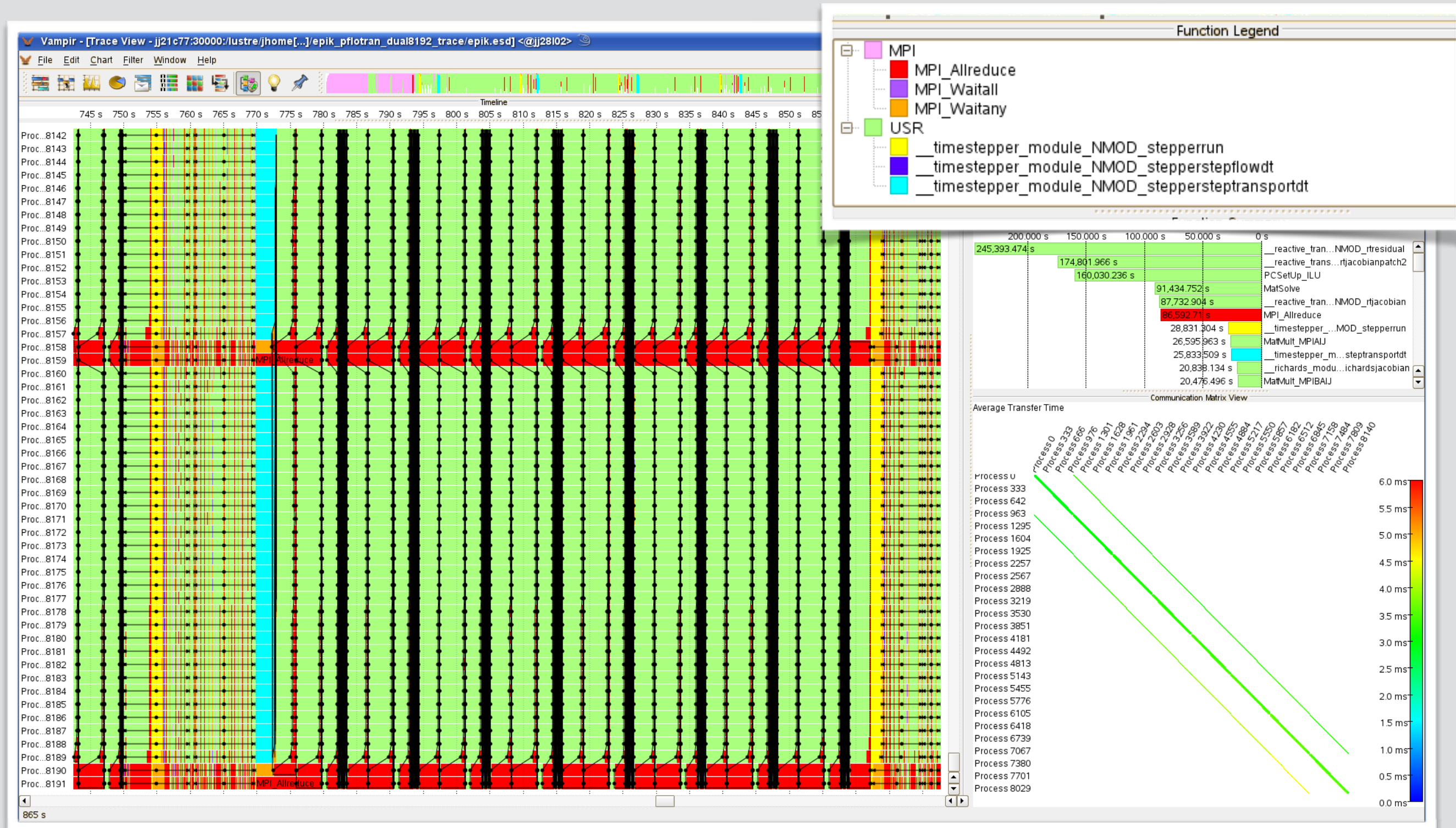
Analyse de traces en calcul haute performance

- Analyse niveau application
 - Structure des applications connue
Schémas de communications, de données, de calculs
 - Utilisent des modèles de programmation standards
OpenMP, MPI
 - Situations à problèmes connues
Synchronisation, barrières mémoires, etc.

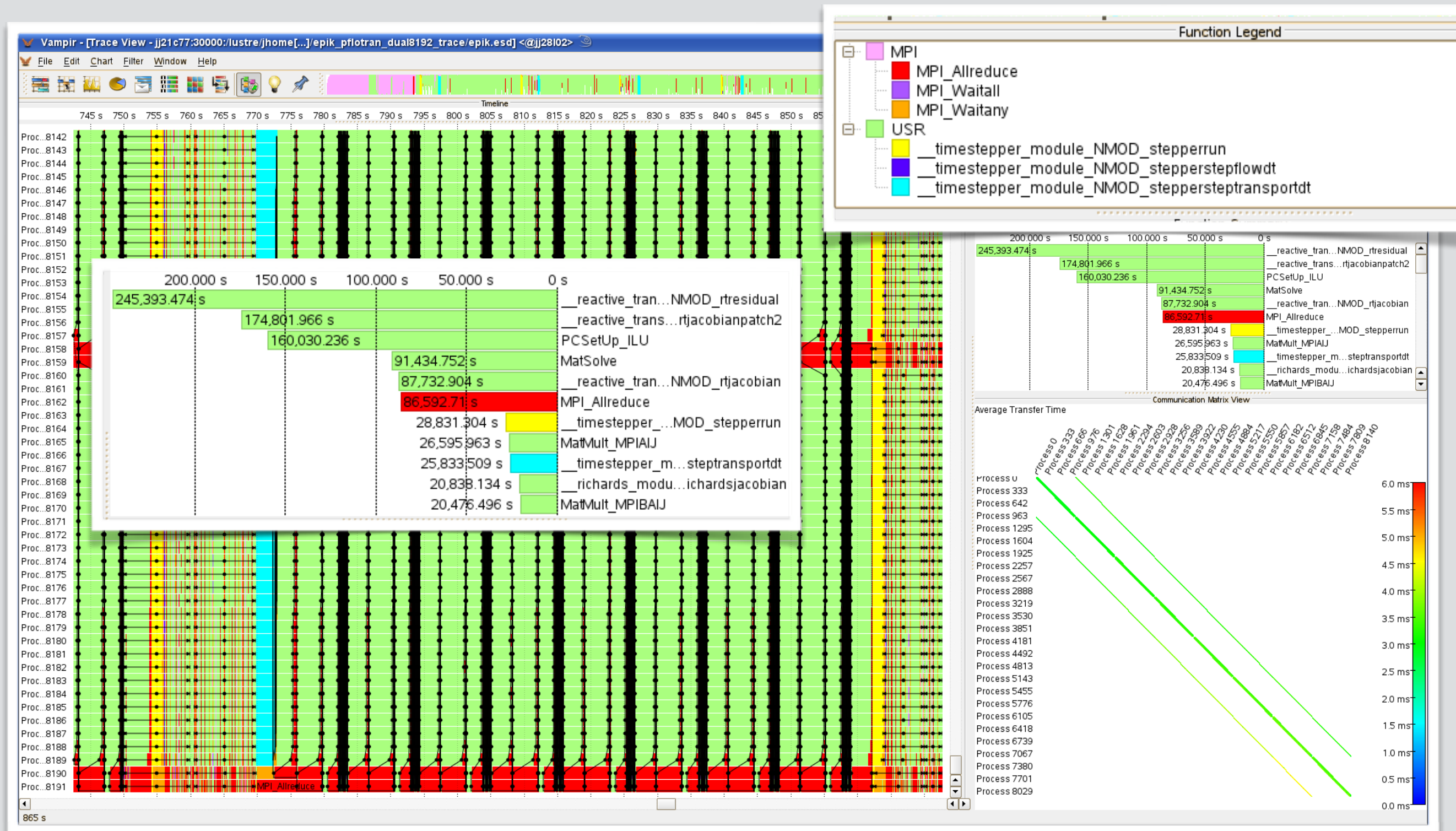
Analyse de traces en calcul haute performance



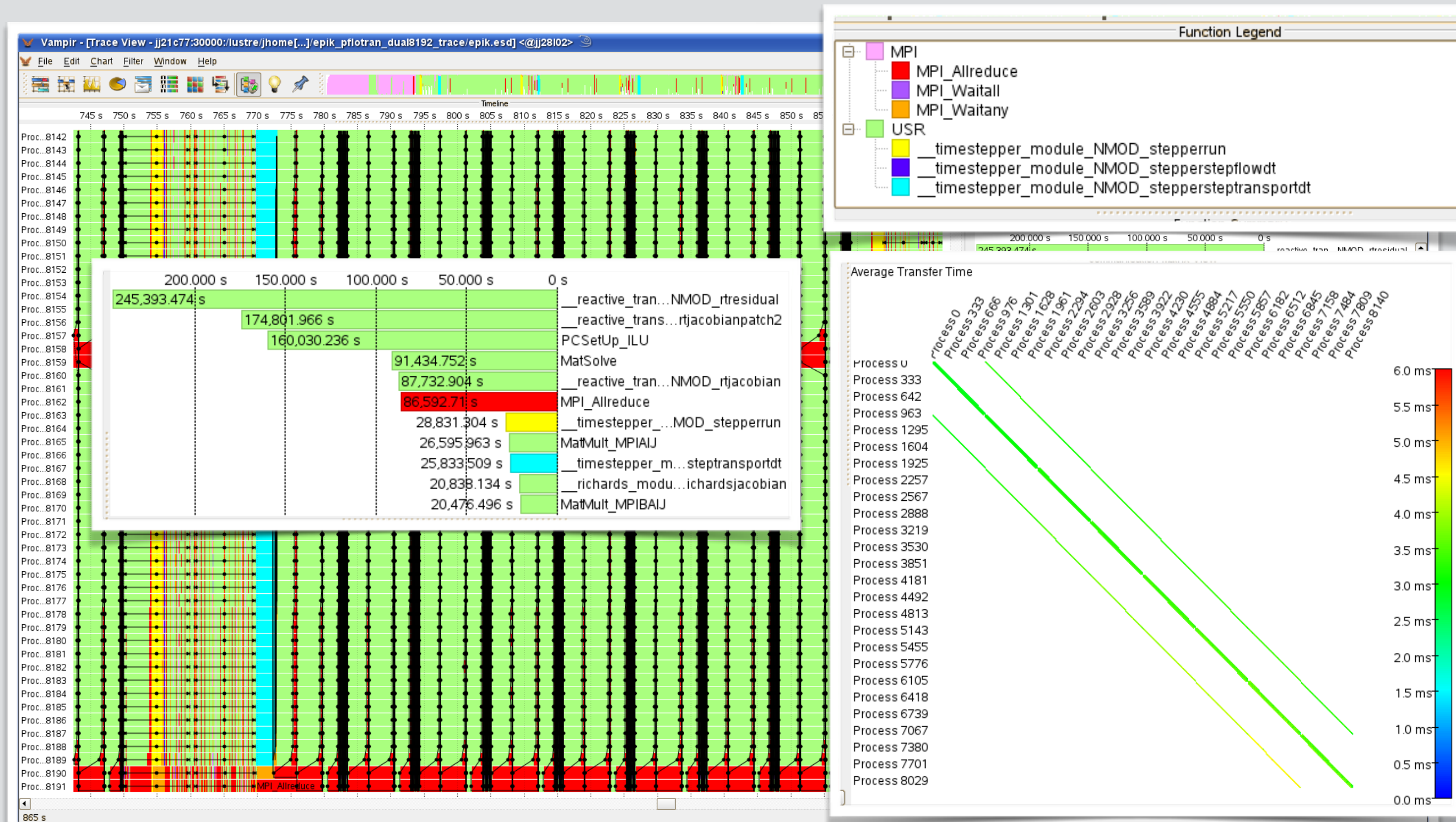
Analyse de traces en calcul haute performance



Analyse de traces en calcul haute performance



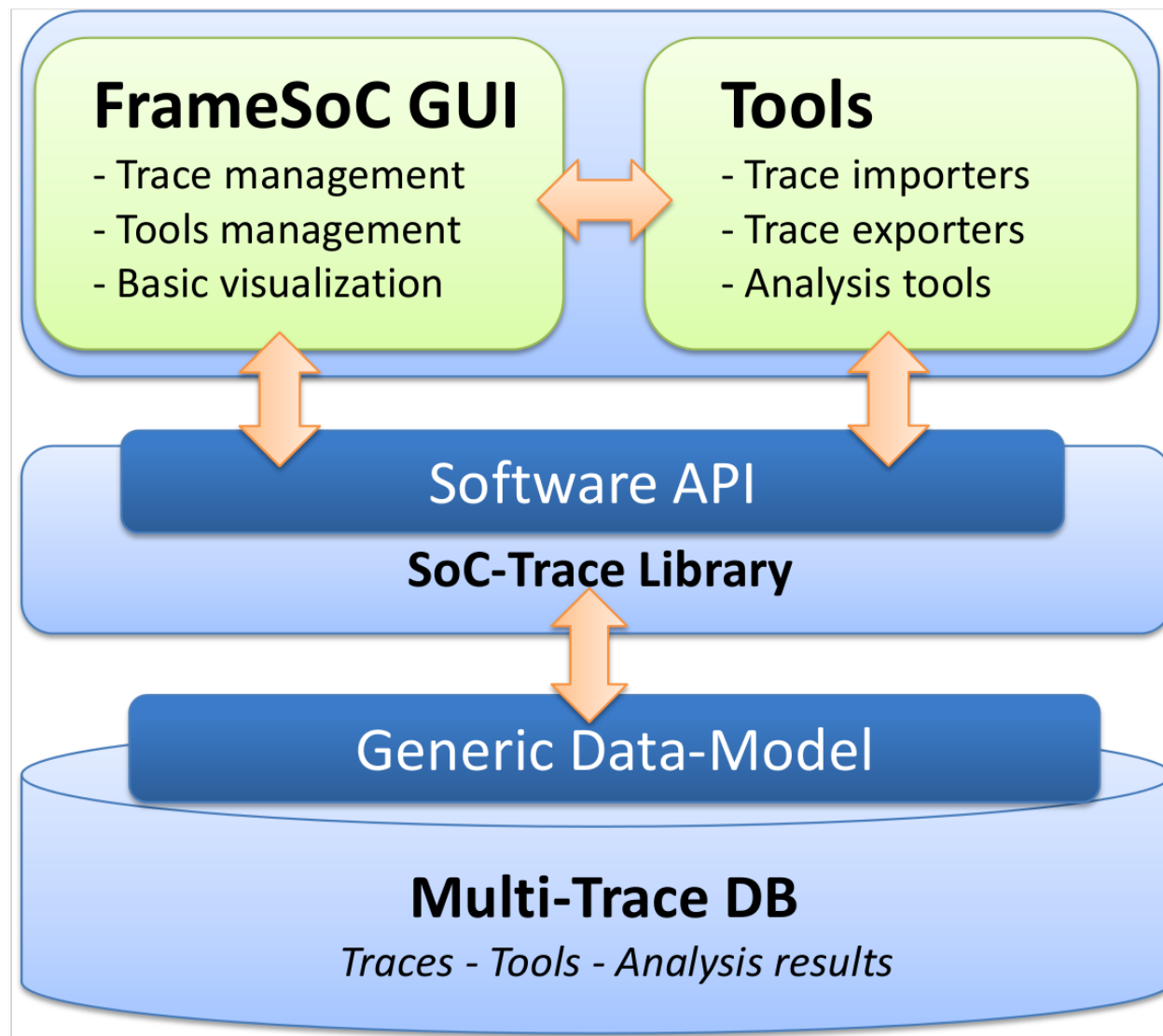
Analyse de traces en calcul haute performance



Le projet SoC-Trace

- En partenariat avec STMicroelectronics
- But : proposer une infrastructure pour l'analyse de traces issues de systèmes embarqués :
 - gestion de format hétérogène
 - représentation d'information riche en sémantique
 - stockage et accès à des traces de grande taille
 - faciliter l'enchaînement des traitements
- Travail sur la structure de la trace :
 - ajouter de la sémantique à la trace
 - utiliser un stockage efficace

Architecture FrameSoC



- Outils : analyses
- Interface logicielle
- Stockage

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```


Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),0,,,,,
```



Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```

Événements

ID	Timestamp	Type	CPU
1	266047	sys_select	1
2	1018502	switch_to	0
3	1078487	switch_to	0
4	1092491	interrupt	0
5	1092501	SoftIRQ	0

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),,0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),,0,,,,,
```

Événements

ID	Timestamp	Type	CPU
1	266047	sys_select	1
2	1018502	switch_to	0
3	1078487	switch_to	0
4	1092491	interrupt	0
5	1092501	SoftIRQ	0

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),0,,,,,
```

Événements

ID	Timestamp	Type	CPU
1	266047	sys_select	1
2	1018502	switch_to	0
3	1078487	switch_to	0
4	1092491	interrupt	0
5	1092501	SoftIRQ	0

Paramètres

ID	ID event	Valeur
1	1	1036 (sshd)
2	1	0x01a80e18
3	1	0x01a80dc8
4	1	0x00000000
5	2	0
6	2	1021 (flush-0:11)
7	3	20 (kworker/0:1)
8	3	0

Modèle de stockage

- 1 événement = 1 timestamp, 1 type, 1 #CPU

```
266047,,,,sys_select,1036 (sshd),1,0x01a80e18,0x01a80dc8,0x00000000
1018502,,,,__switch_to,0,1021 (flush-0:11),0
1078487,,,,__switch_to,20 (kworker/0:1),0,0
1092491,1092499,8,8,Interrupt,Interrupt 168 (GIC eth0),0,,,,,
1092501,1092581,80,80,SoftIRQ,SoftIRQ (net_rx_action),0,,,,,
```

Événements

ID	Timestamp	Type	CPU
1	266047	sys_select	1
2	1018502	switch_to	0
3	1078487	switch_to	0
4	1092491	interrupt	0
5	1092501	SoftIRQ	0

Paramètres

ID	ID event	Valeur
1	1	1036 (sshd)
2	1	0x01a80e18
3	1	0x01a80dc8
4	1	0x00000000
5	2	0
6	2	1021 (flush-0:11)
7	3	20 (kworker/0:1)
8	3	0

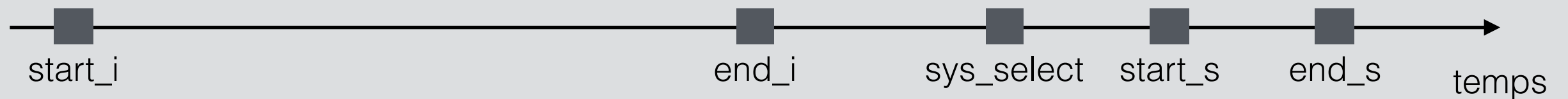


Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien

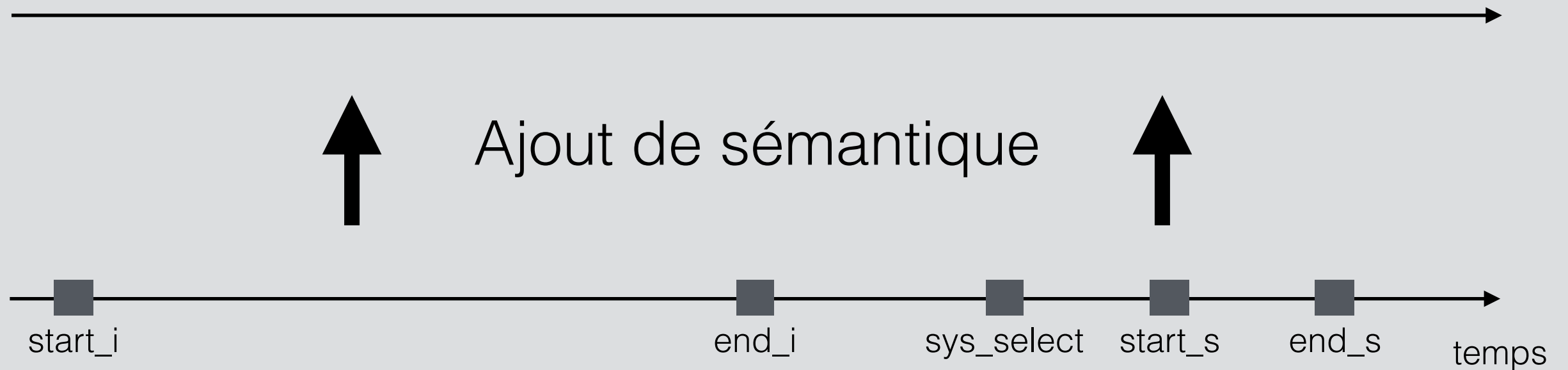
Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien



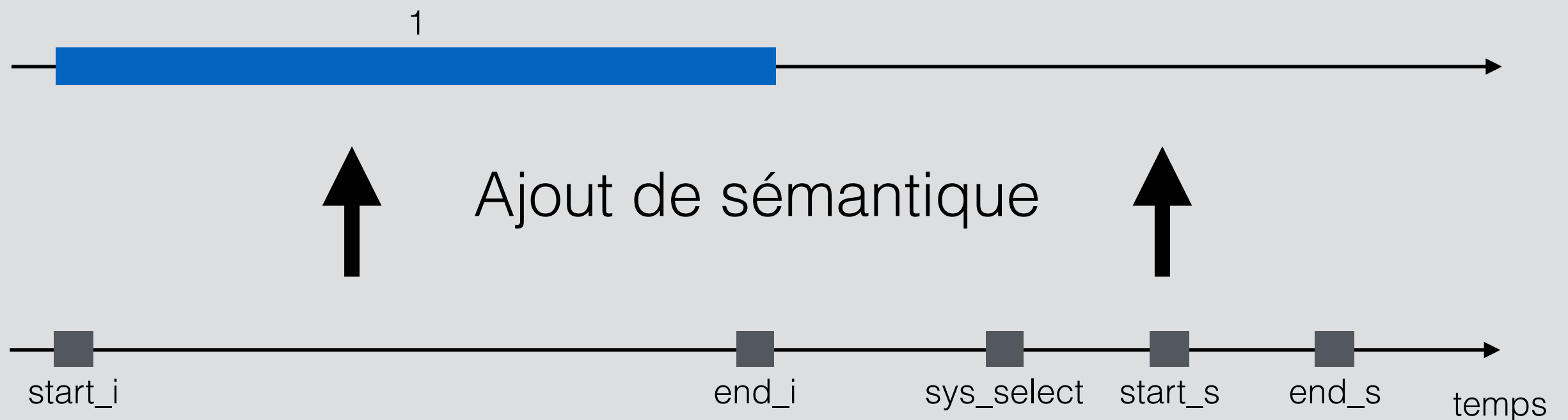
Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien



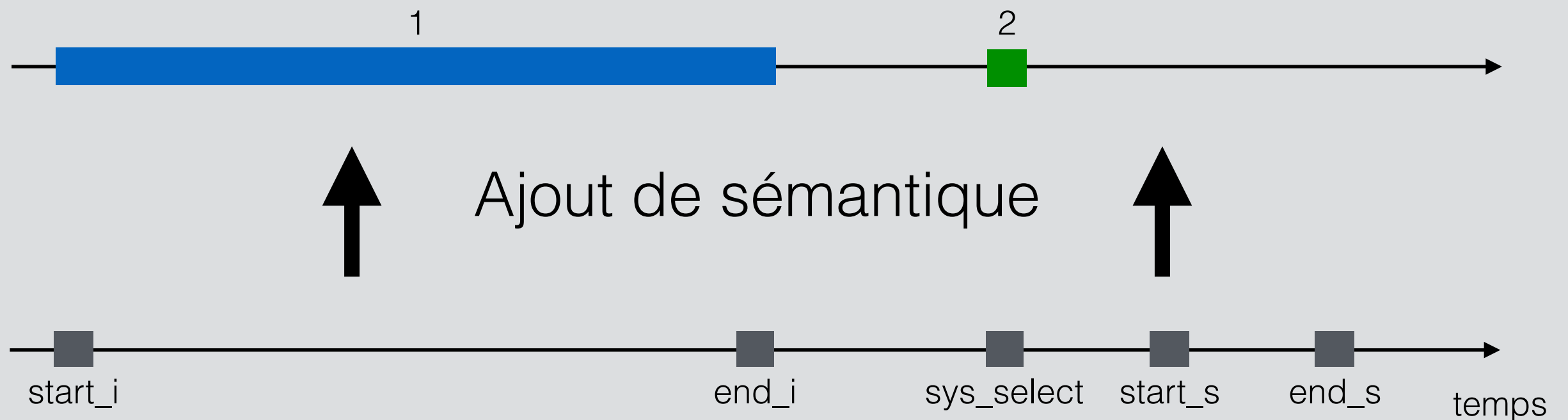
Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien



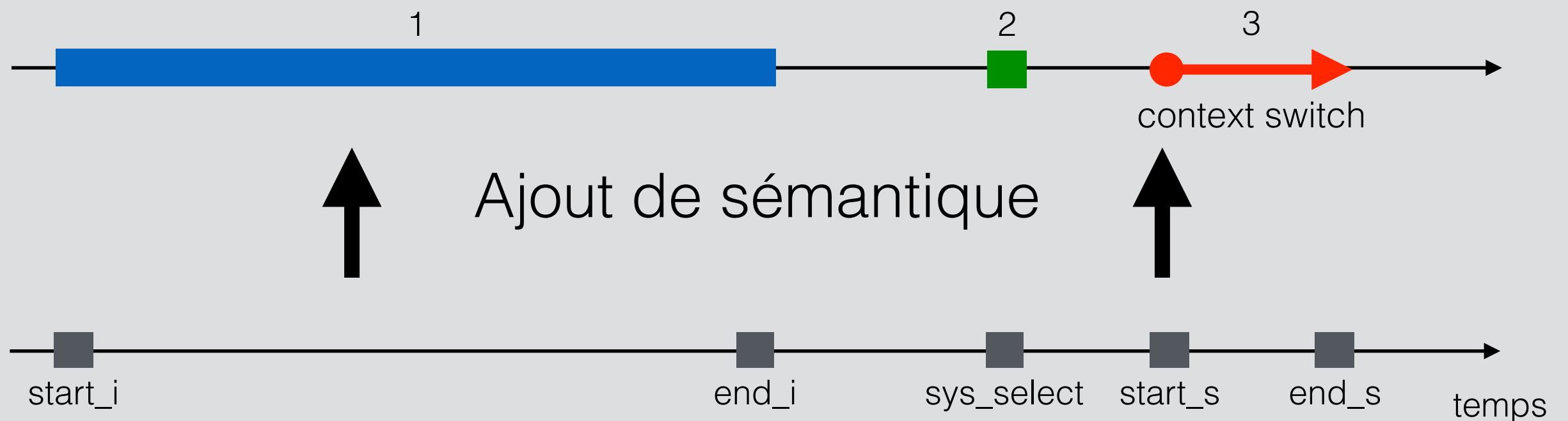
Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien



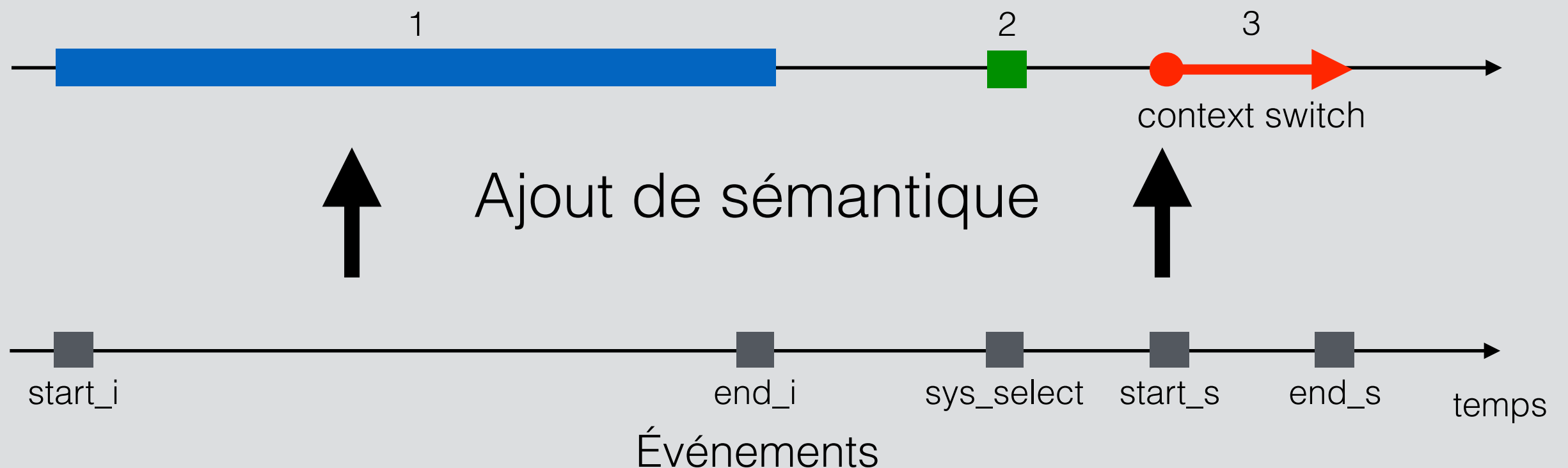
Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien



Structuration de la trace

- Catégories : événement ponctuel, état, lien

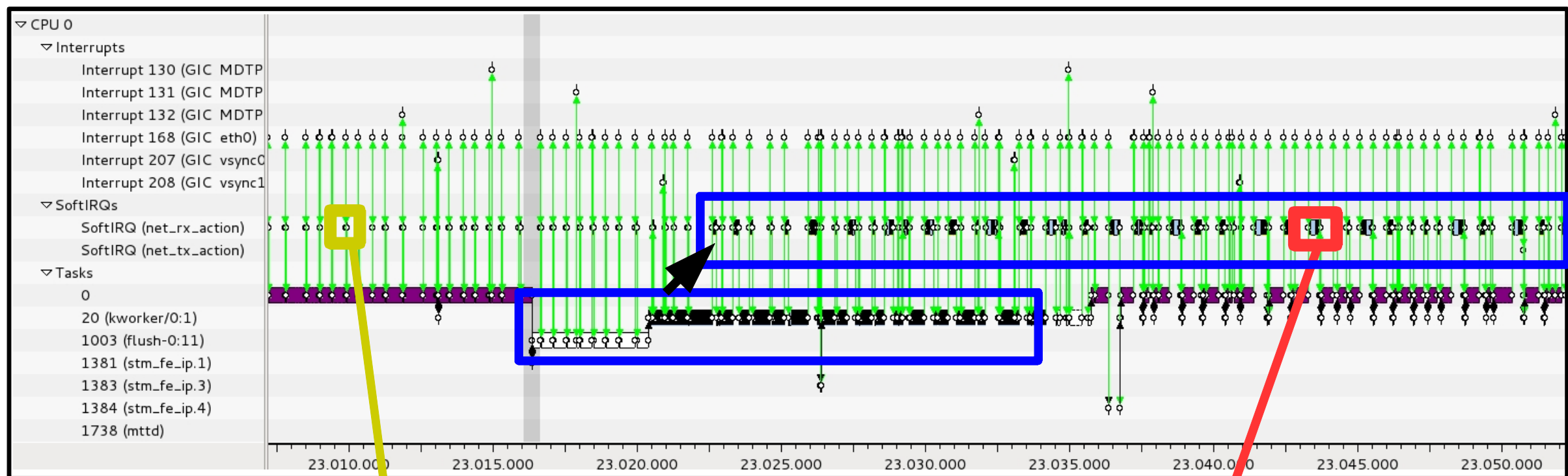


ID	Timestamp	Type	CPU	Categorie	PC1	PC2
1	266047	Interrupt	1	état	800	-
2	1018502	sys_select	0	ponctuel	-	-
3	1078487	switch_to	0	lien	T2	T3

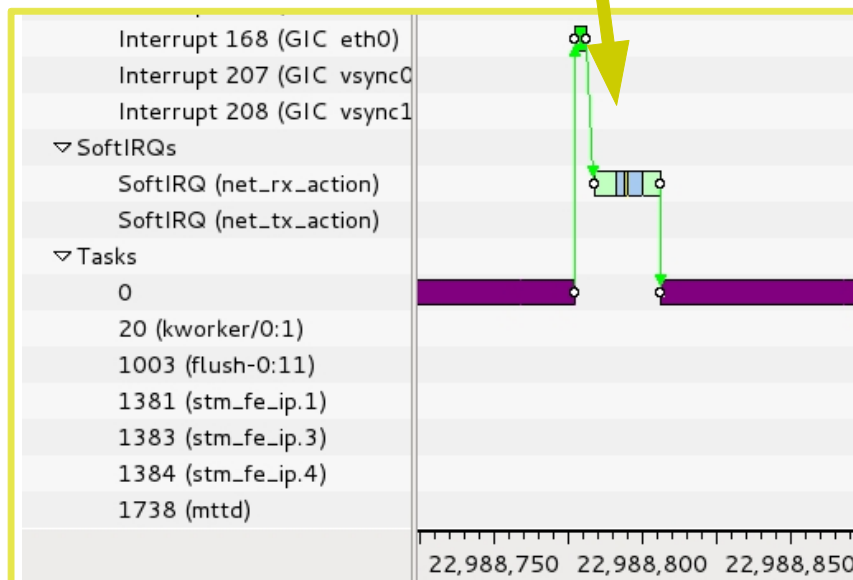
Hypothèses et analyses

- Hypothèses :
 - On peut catégoriser les événements d'une trace
 - On peut faire des analyses
 - En utilisant seulement ces informations
 - On peut représenter les informations de catégories de manière à rendre les accès rapides et efficaces
- Étude pour vérifier ces hypothèses sur un cas d'usage proposé par STMicroelectronics

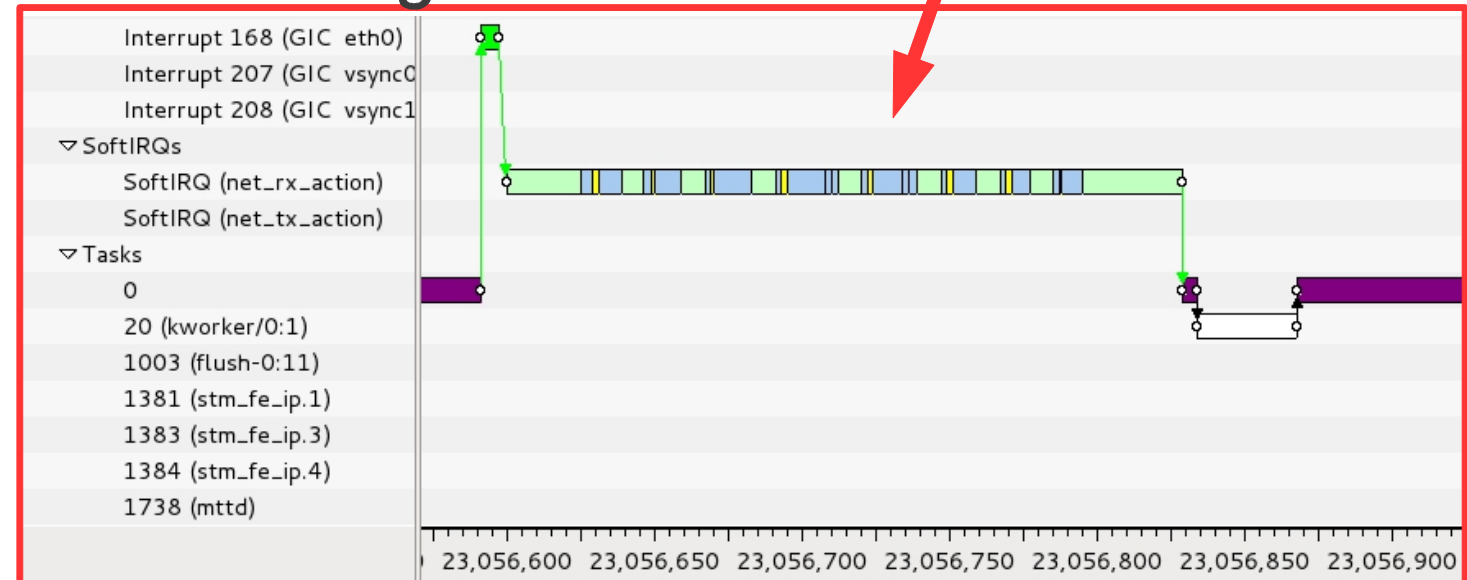
Cas d'étude : décodage vidéo



activité normale



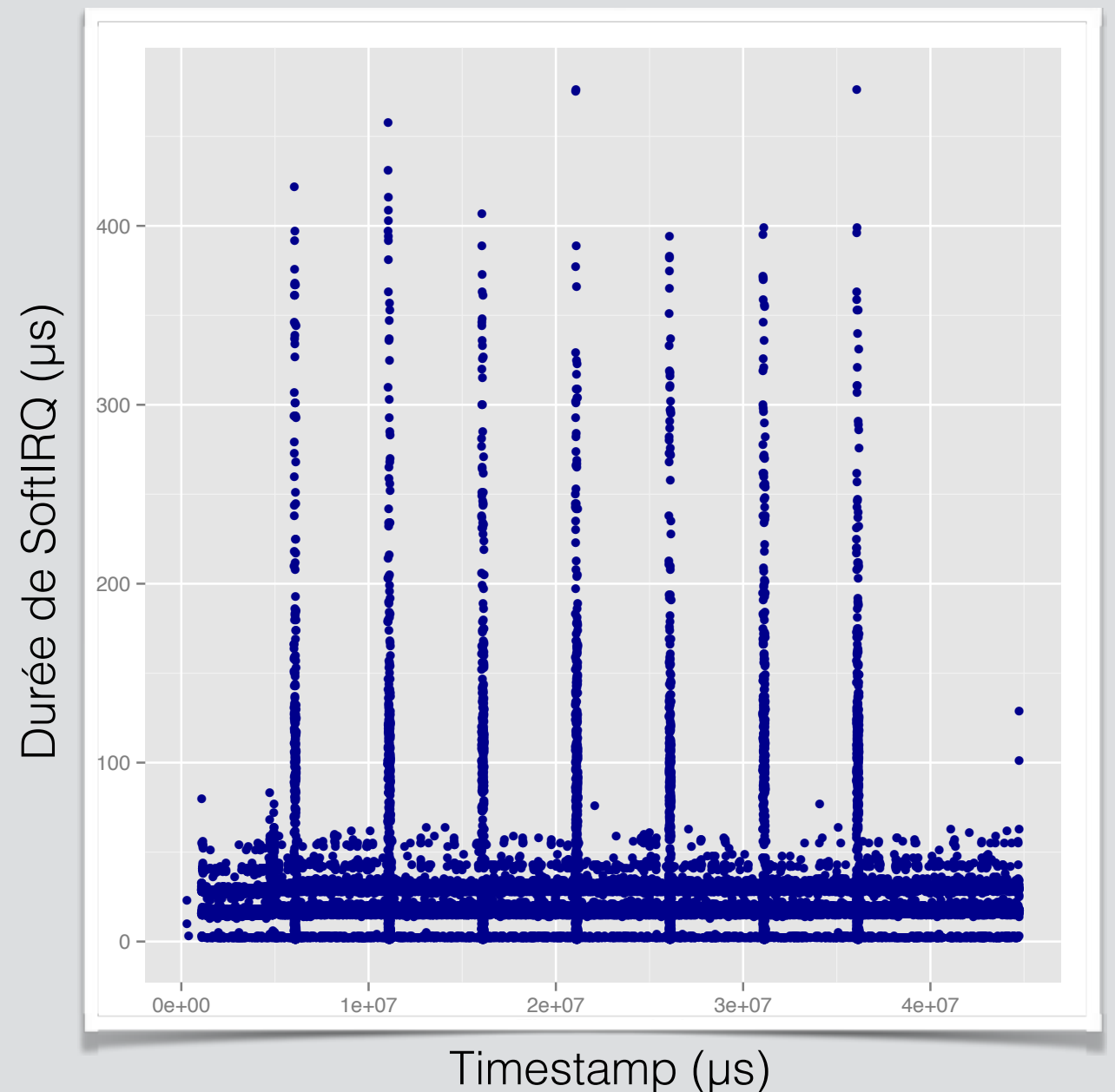
activité boguée



Analyse de la trace en utilisant les catégories

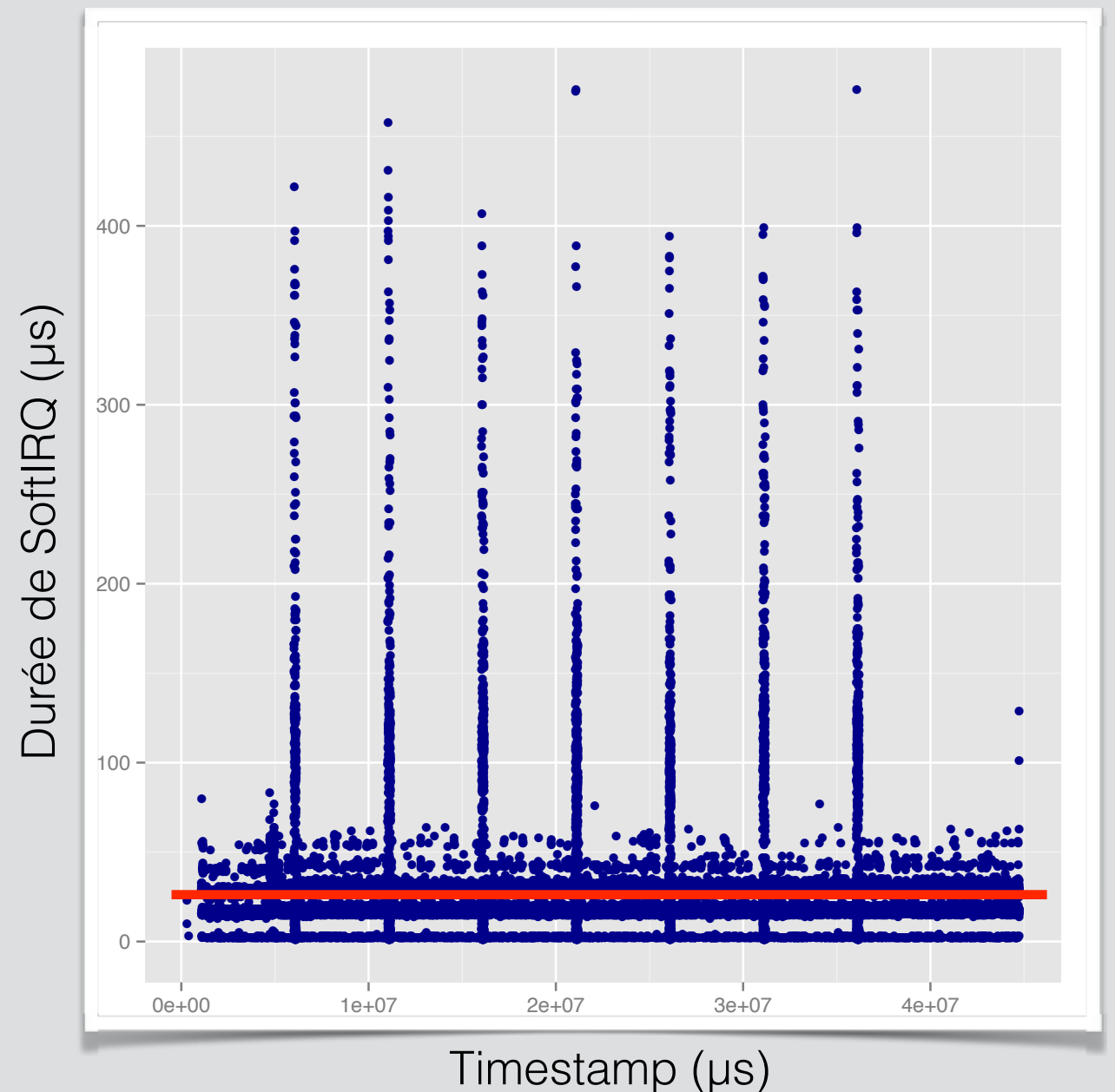
- Ajout des catégories à la main
- Trace : 53Mo, 800K événements

- 45s -> 80K événements
- SoftIRQ : état (durée)
- Analyse des durées par des outils statistiques



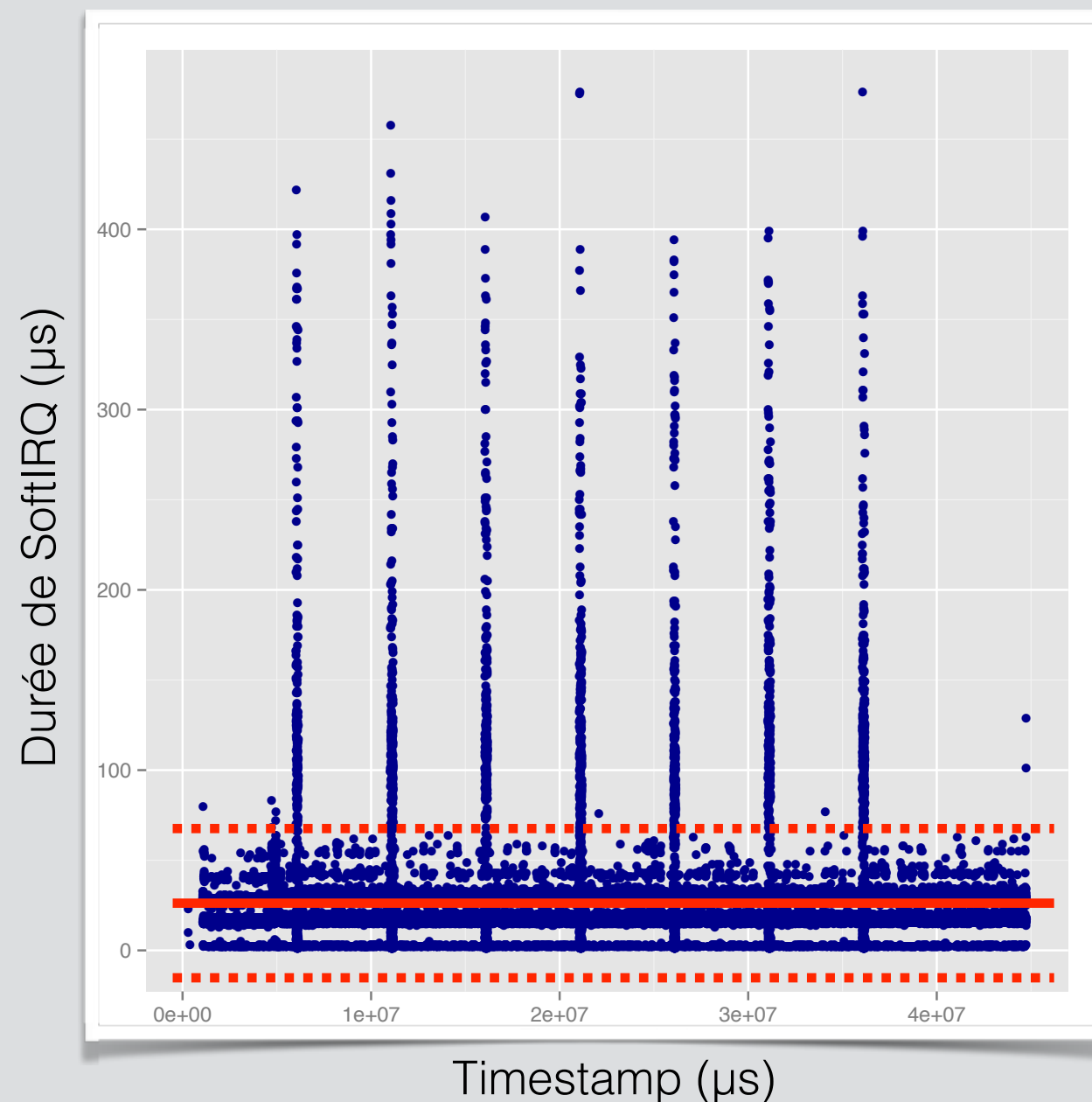
Analyse de la trace en utilisant les catégories

- Ajout des catégories à la main
- Trace : 53Mo, 800K événements
- 45s -> 80K événements
- SoftIRQ : état (durée)
- Analyse des durées par des outils statistiques



Analyse de la trace en utilisant les catégories

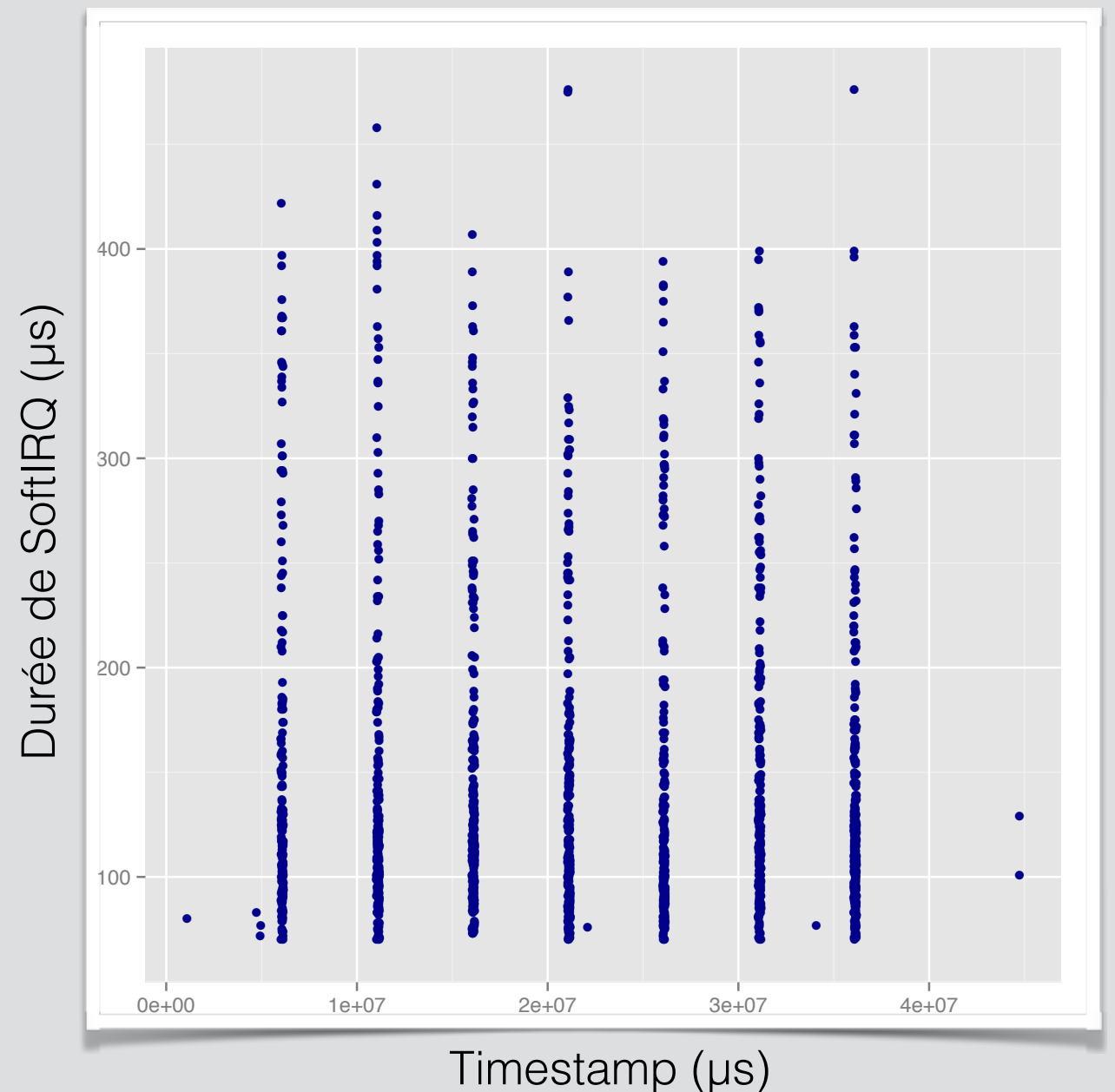
- Ajout des catégories à la main
- Trace : 53Mo, 800K événements
- 45s -> 80K événements
- SoftIRQ : état (durée)
- Analyse des durées par des outils statistiques



Analyse de la trace en utilisant les catégories

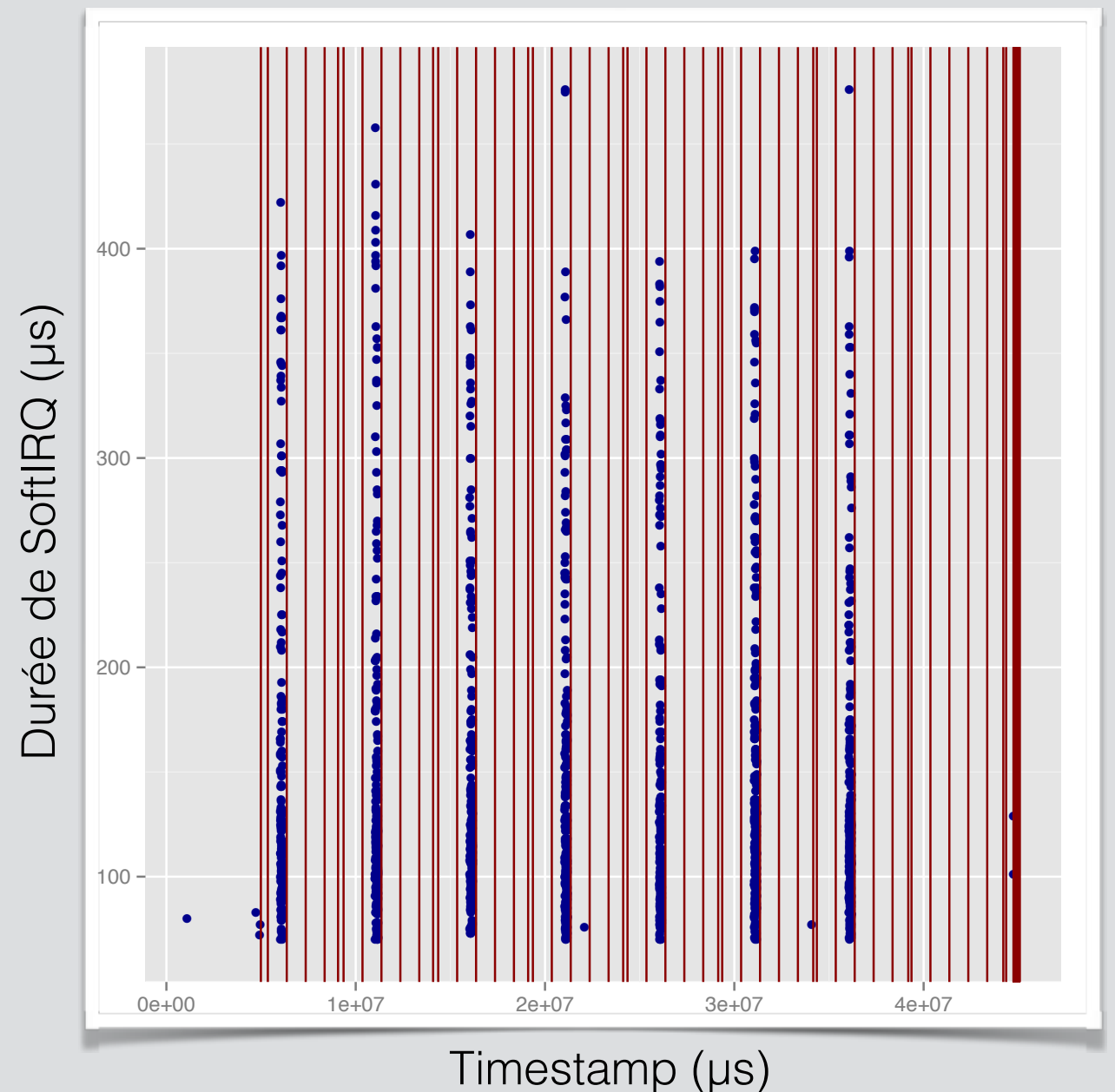
- Ajout des catégories à la main
- Trace : 53Mo, 800K événements

- 45s -> 80K événements
- SoftIRQ : état (durée)
- Analyse des durées par des outils statistiques



Analyse de la trace en utilisant les catégories

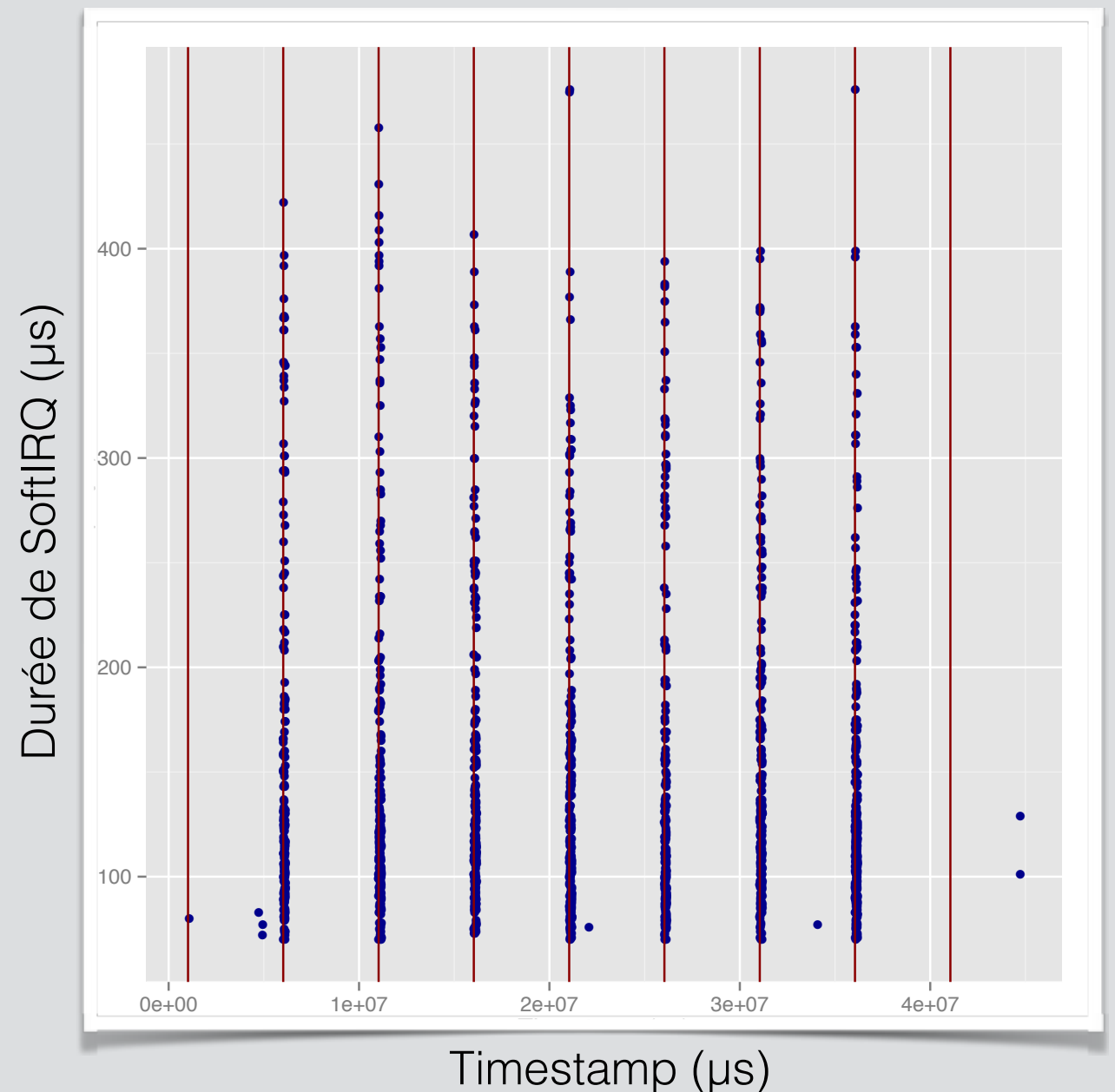
- Ajout des catégories à la main
- Trace : 53Mo, 800K événements
- 45s -> 80K événements
- SoftIRQ : état (durée)
- Analyse des durées par des outils statistiques



Analyse de la trace en utilisant les catégories

- Ajout des catégories à la main
- Trace : 53Mo, 800K événements

- 45s -> 80K événements
- SoftIRQ : état (durée)
- Analyse des durées par des outils statistiques



Performances : types d'accès aux données

Événements

Parametres

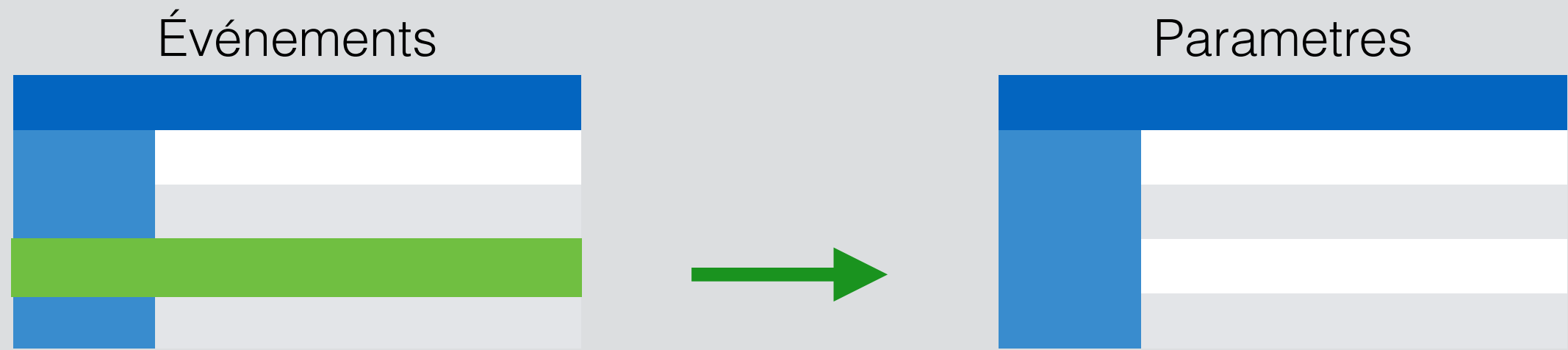
Performances : types d'accès aux données

Événements

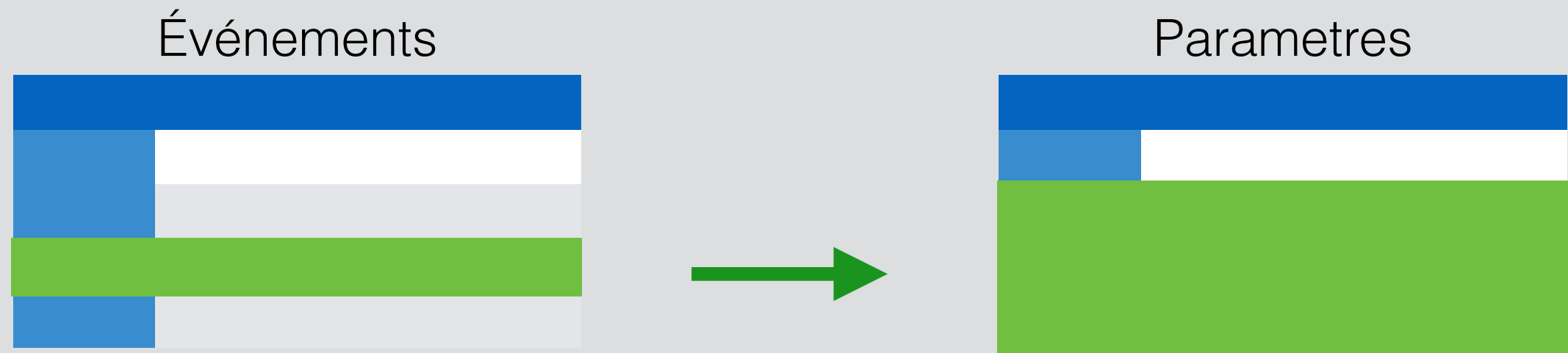
Category	Percentage
Total	78%
Men	75%
Women	81%
18-29	85%

Parametres

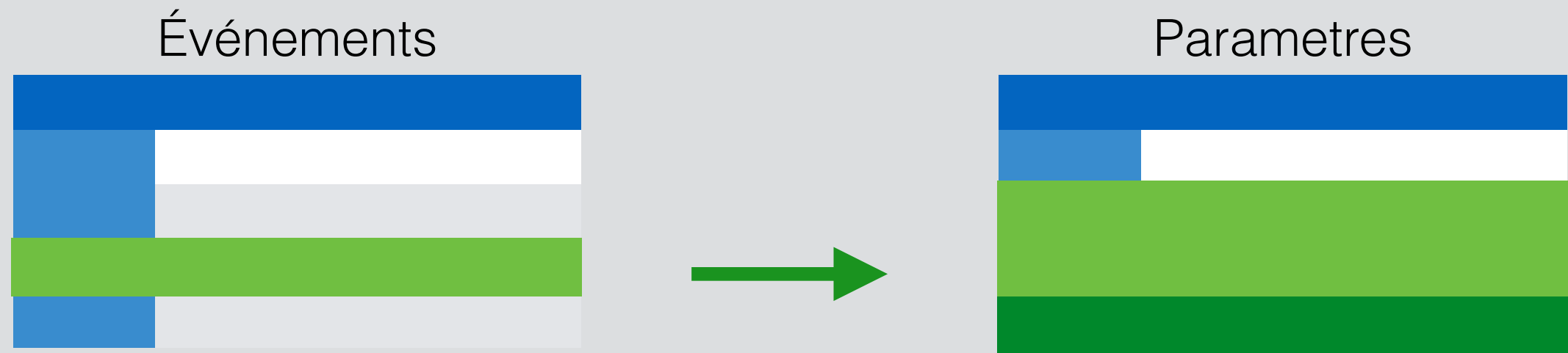
Performances : types d'accès aux données



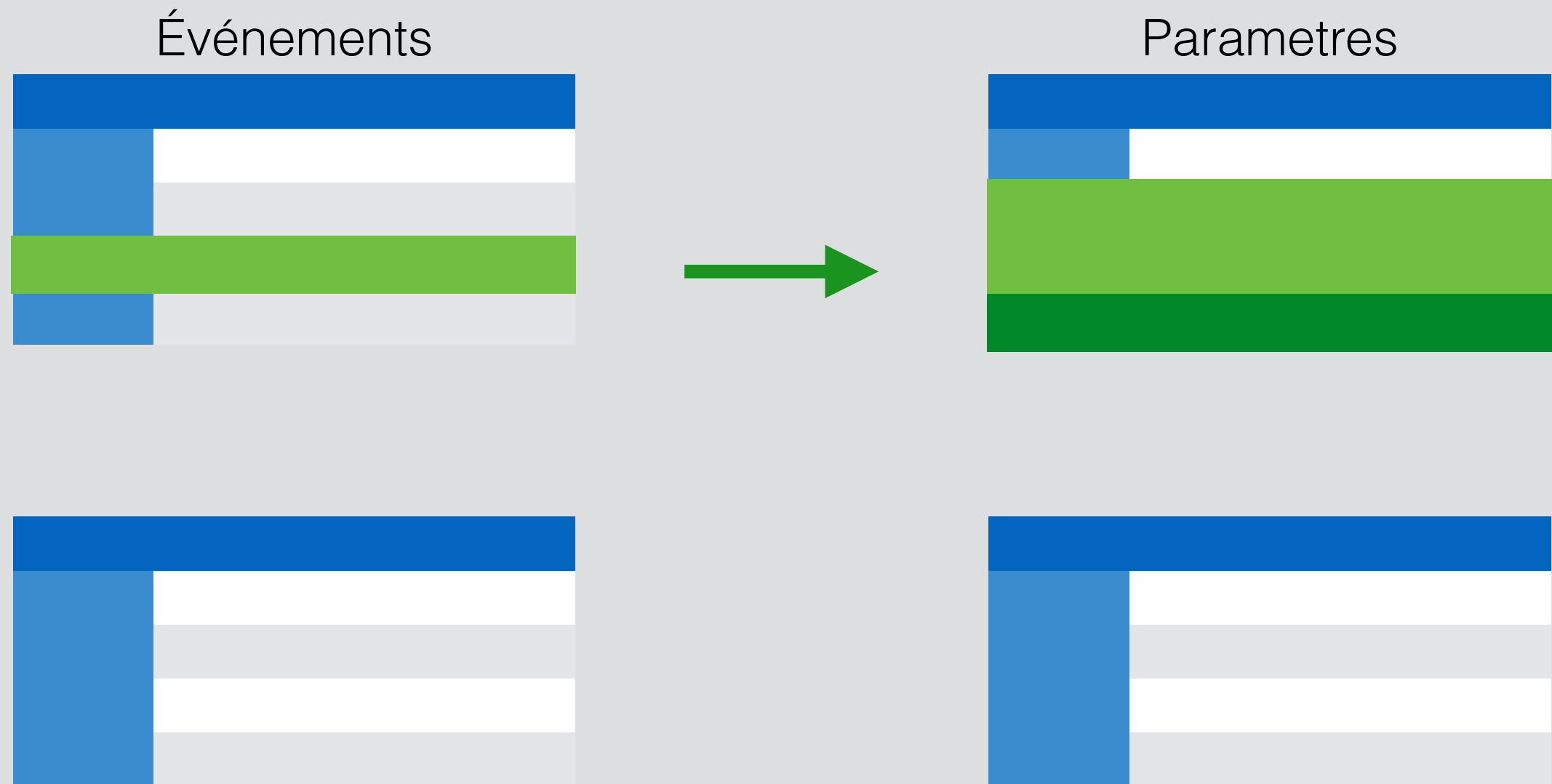
Performances : types d'accès aux données



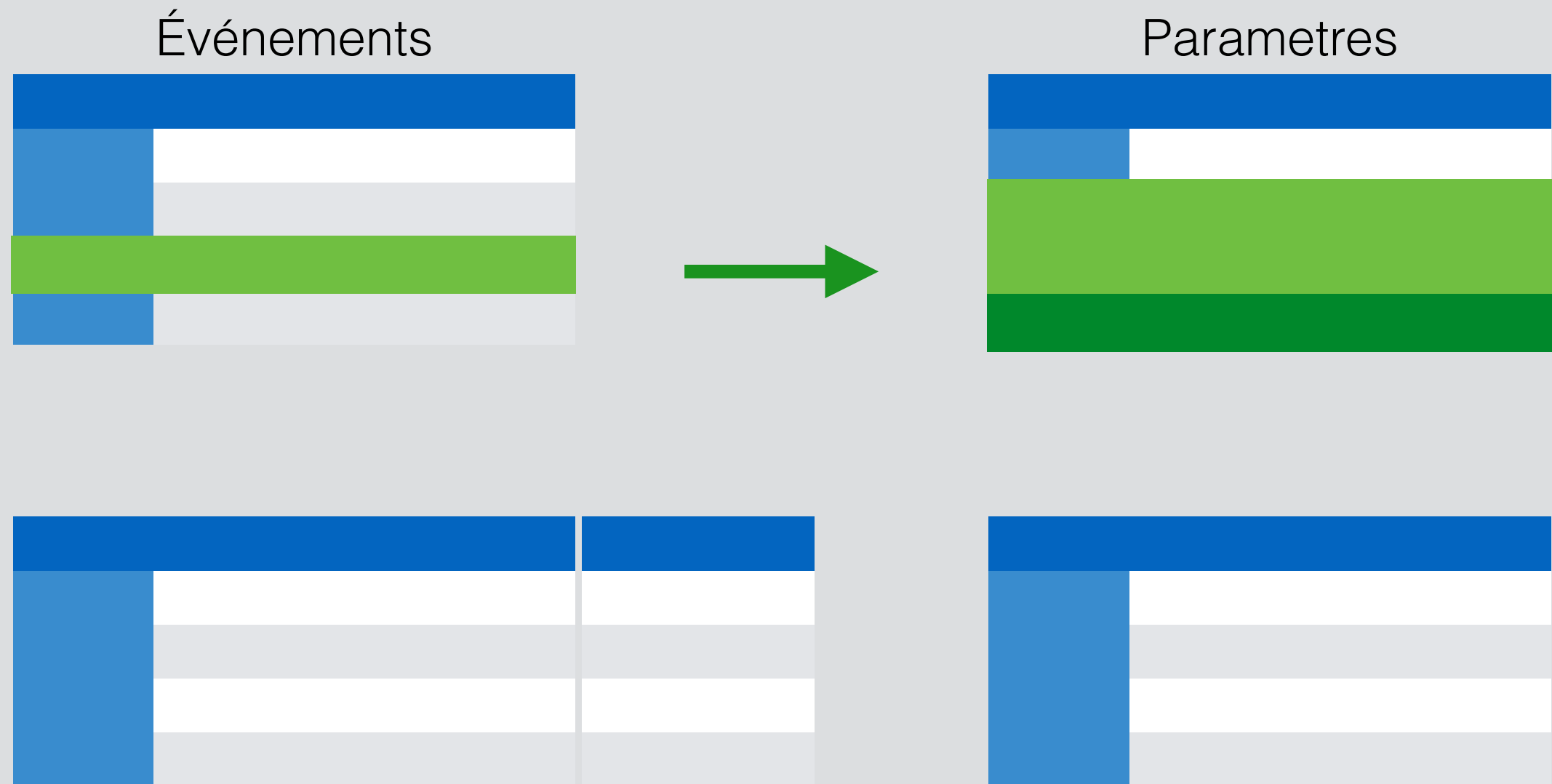
Performances : types d'accès aux données



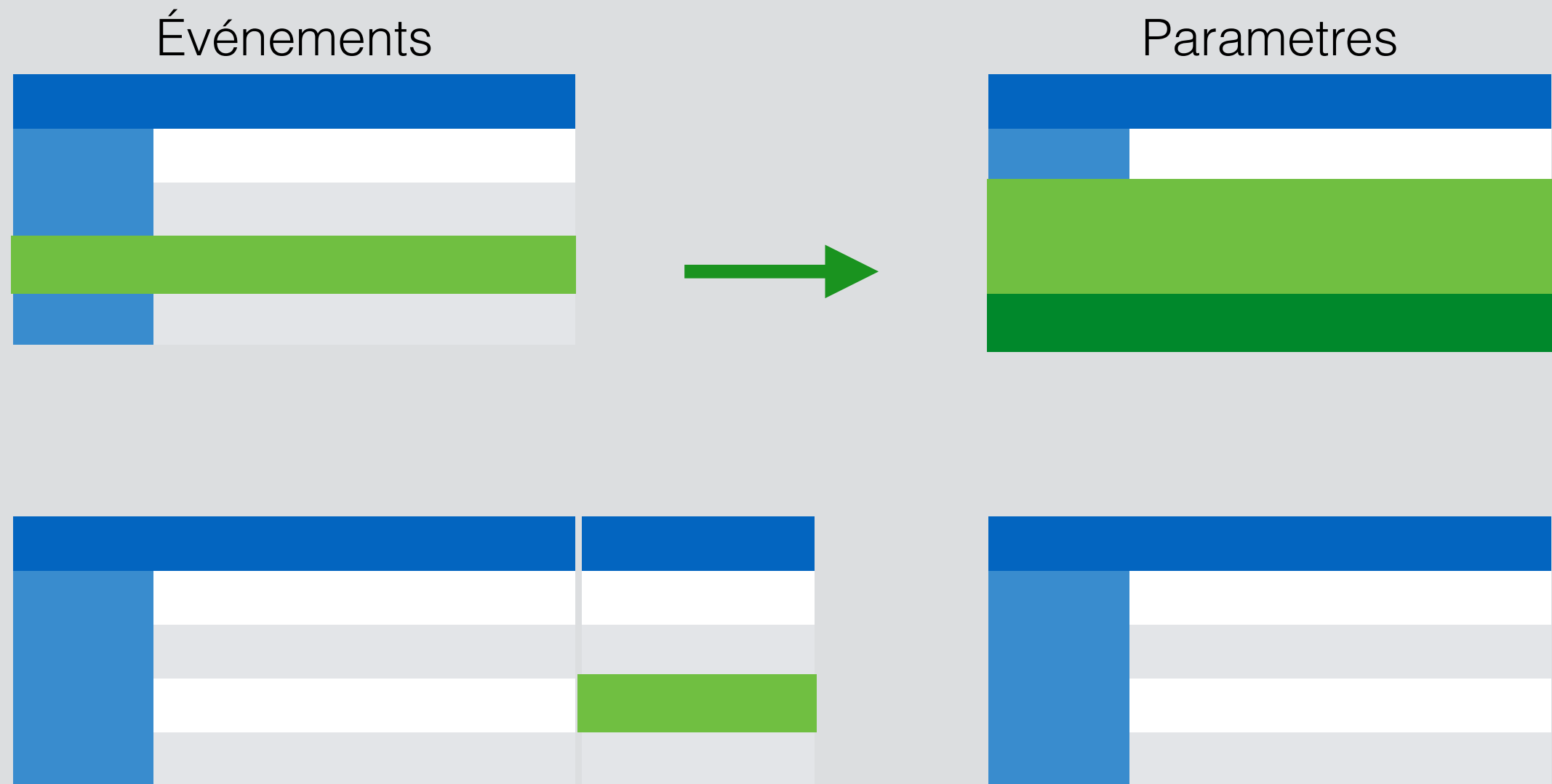
Performances : types d'accès aux données



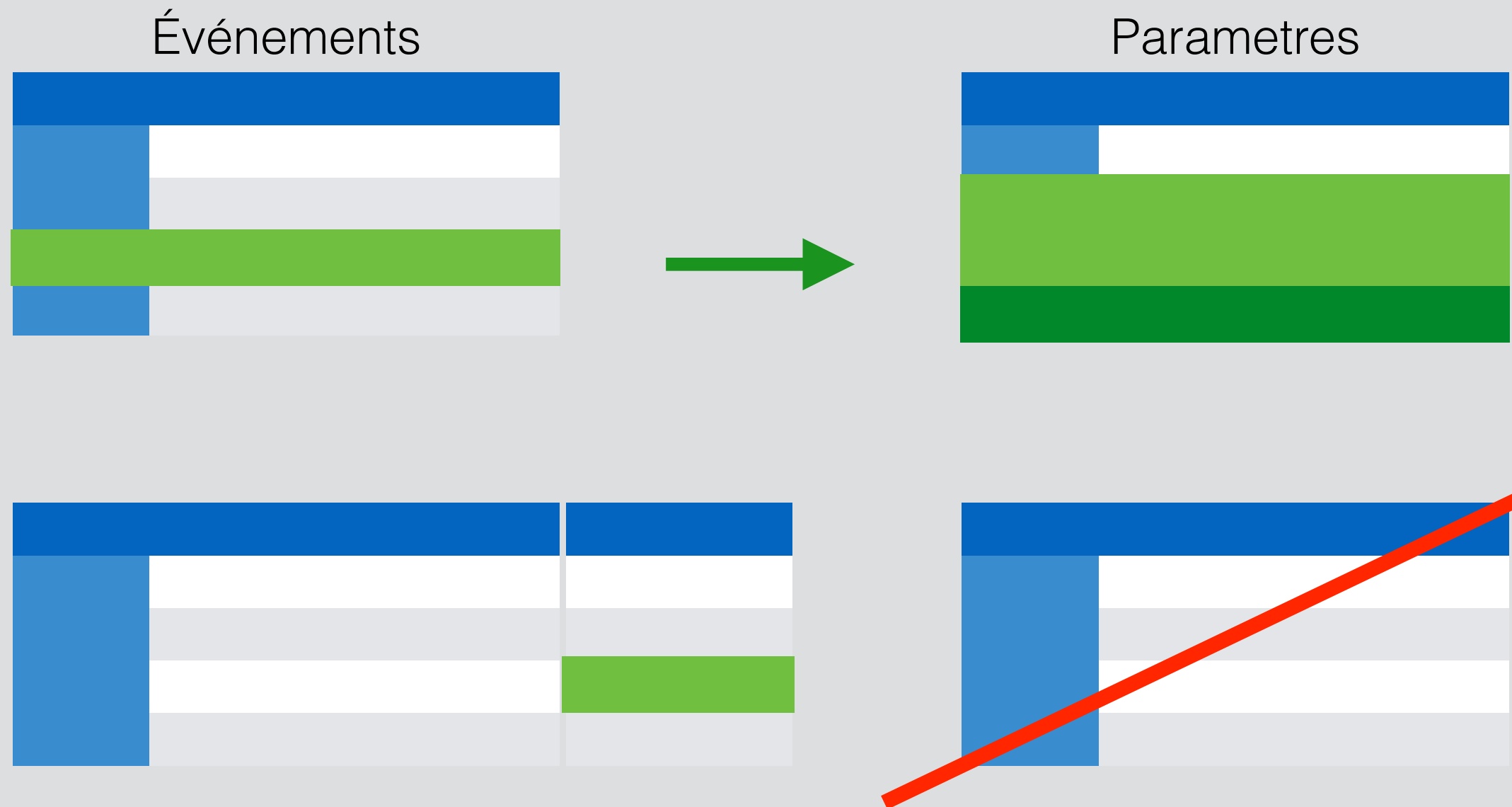
Performances : types d'accès aux données



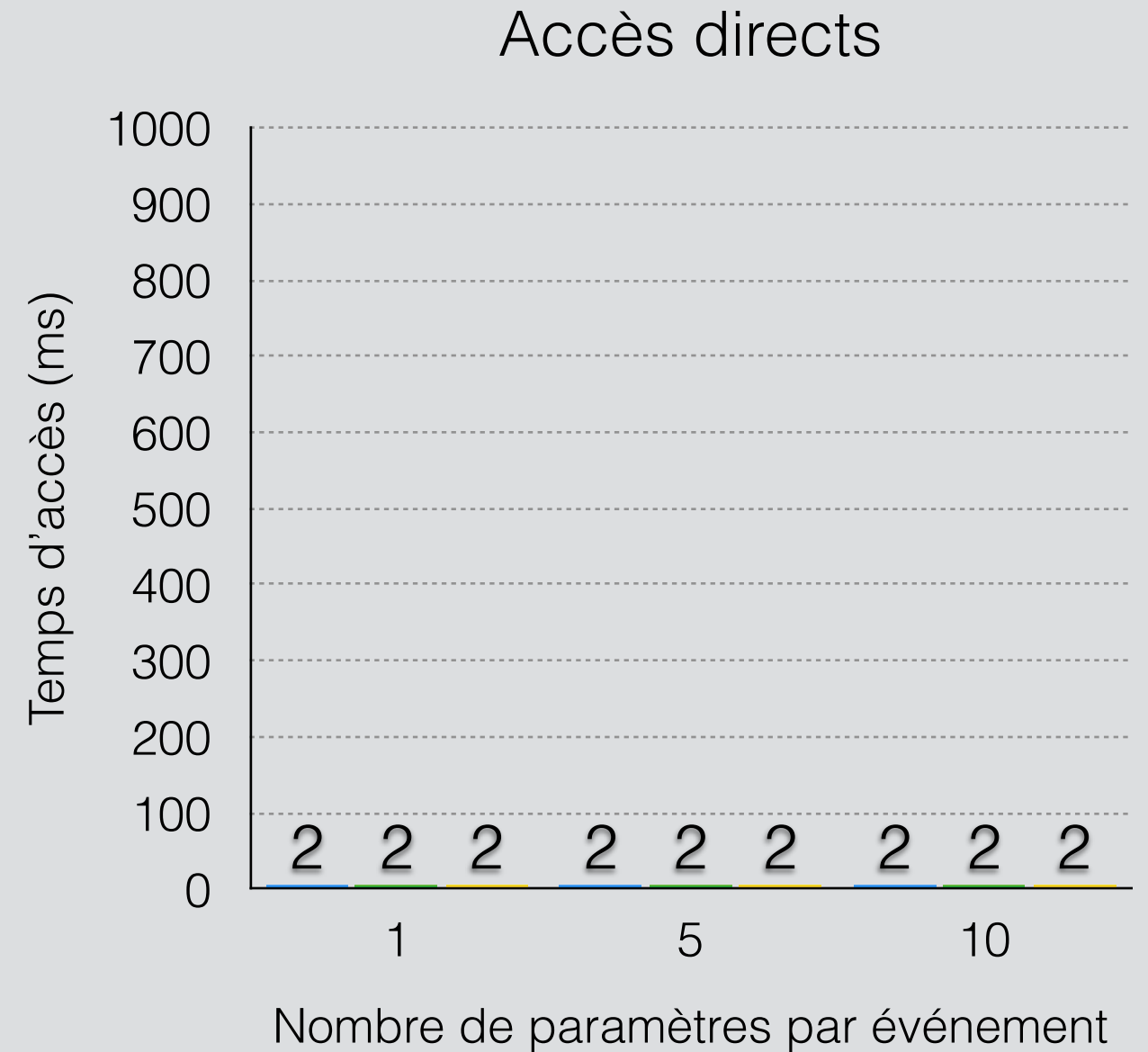
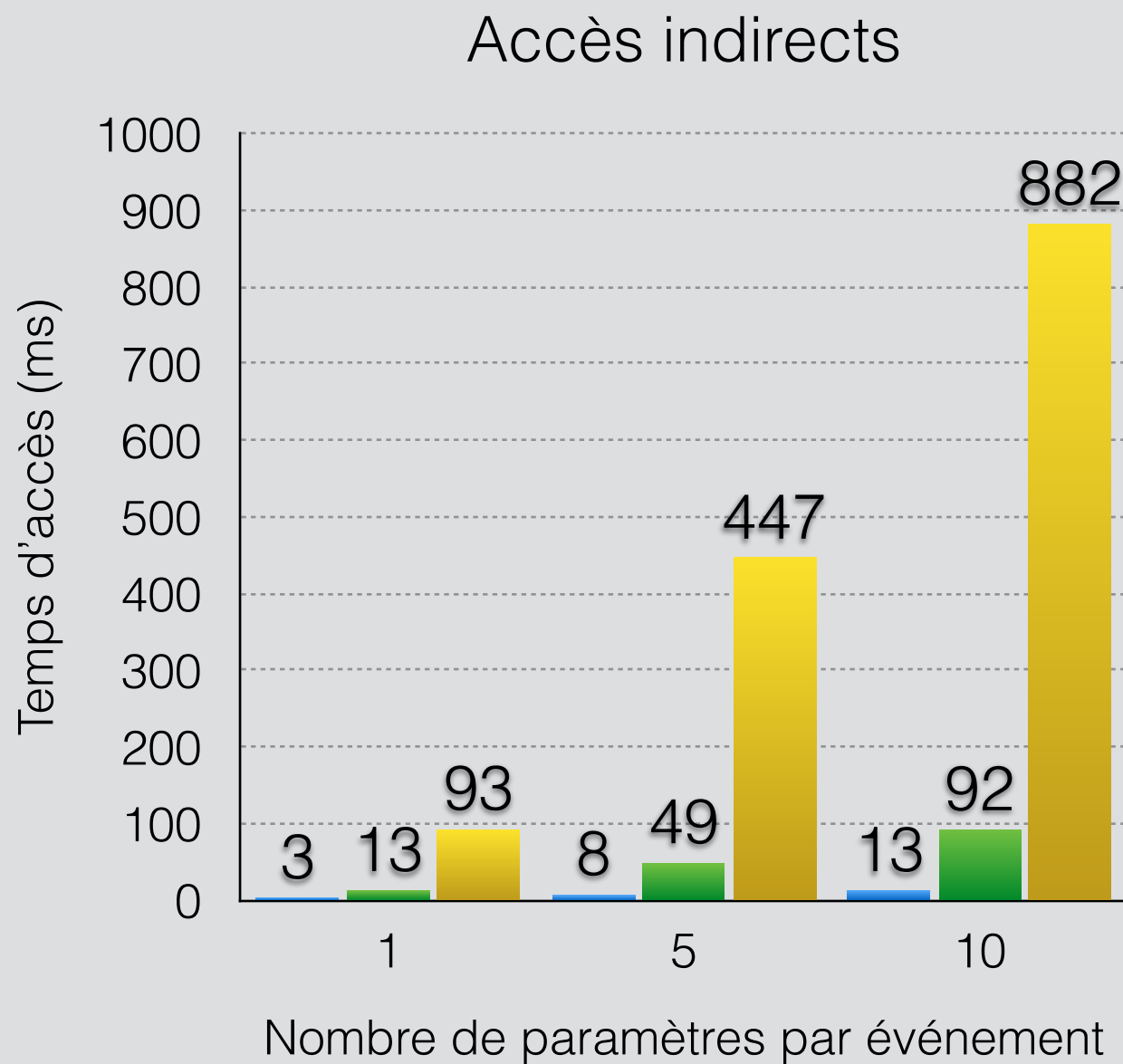
Performances : types d'accès aux données



Performances : types d'accès aux données



Performances : temps d'accès aux données



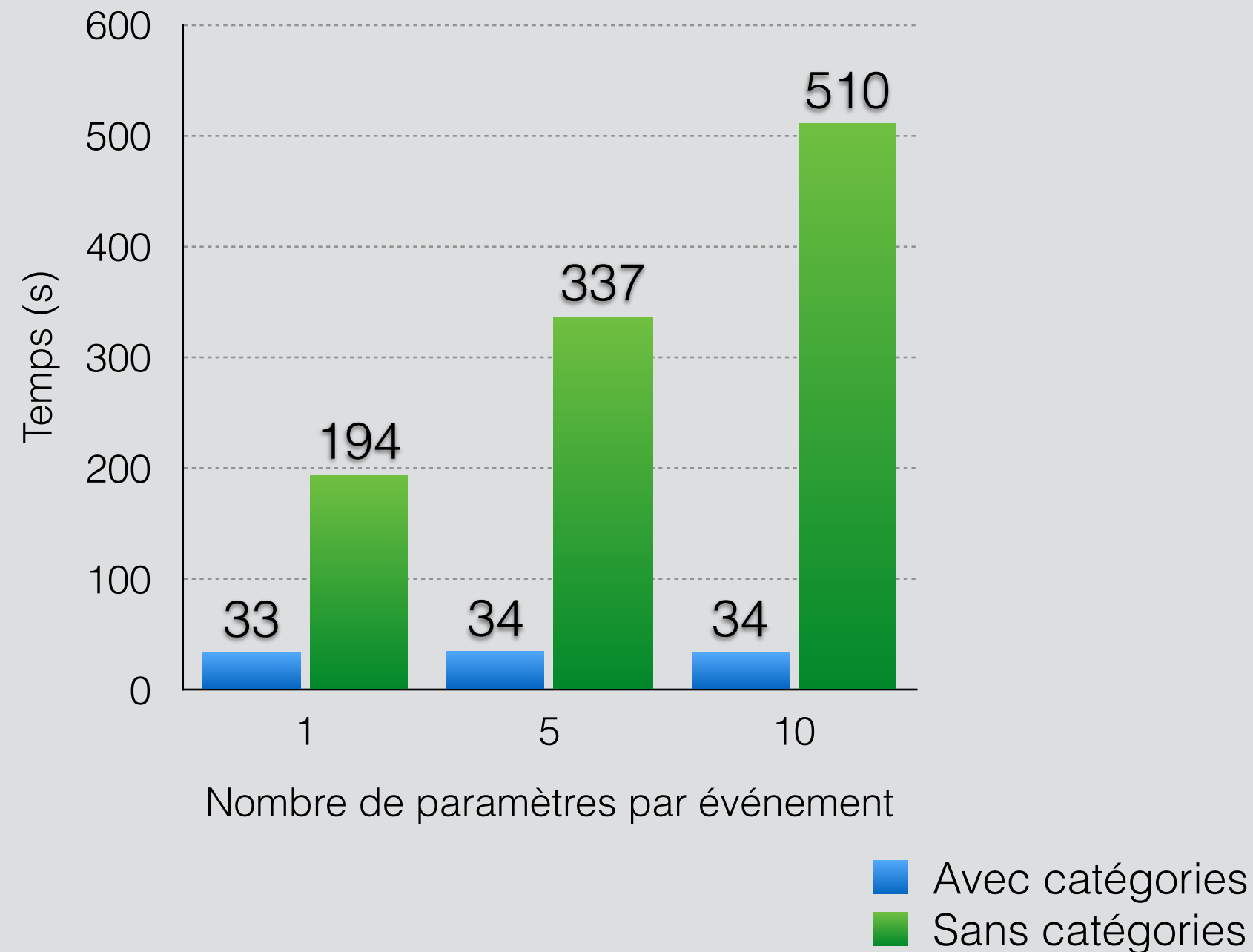
Nombre d'événements dans la trace

■ 10 K ■ 100 K ■ 1000 K

Performances : chargement et mémoire

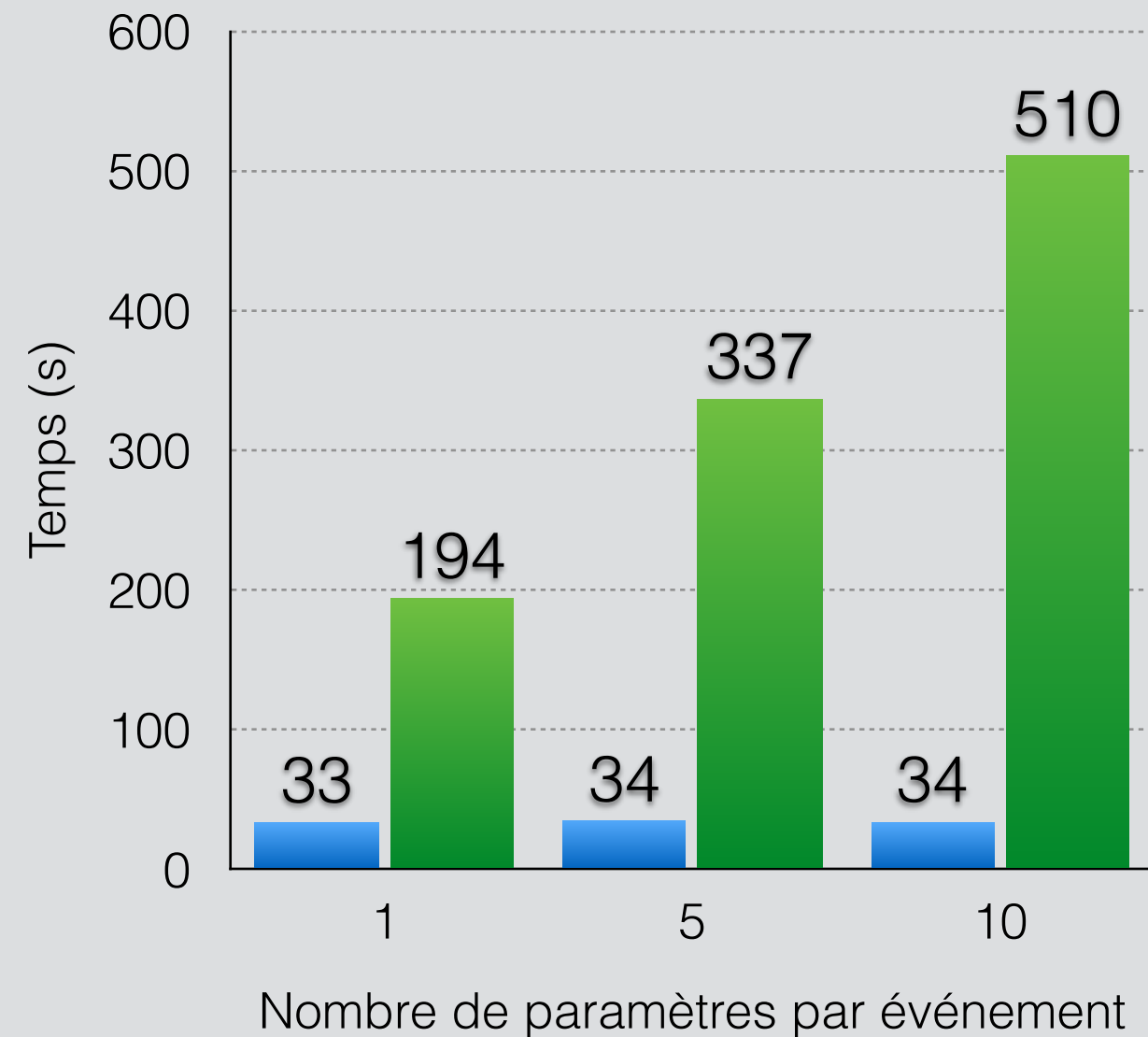
Performances : chargement et mémoire

Temps de chargement pour
une trace de 1M d'événements

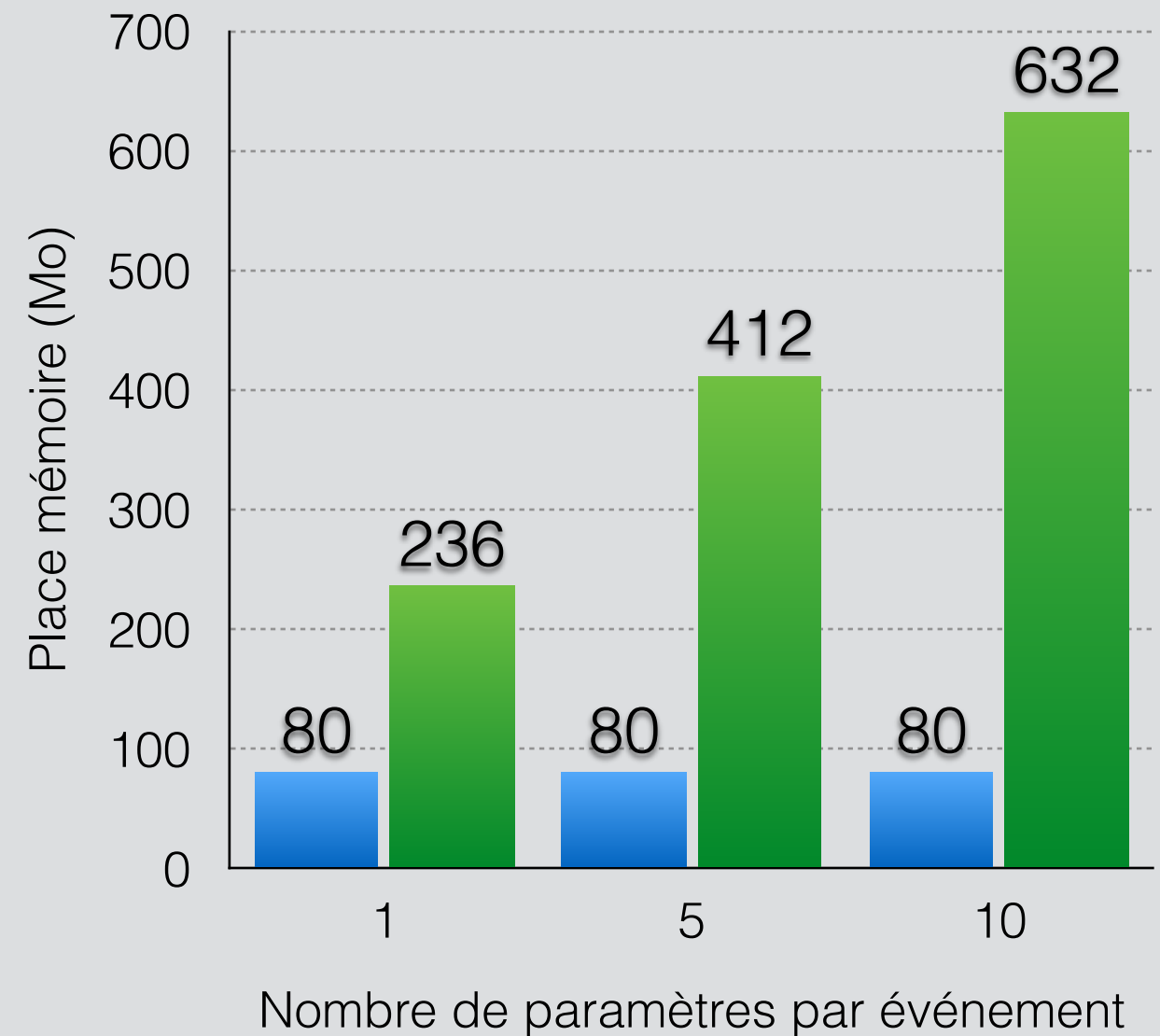


Performances : chargement et mémoire

Temps de chargement pour une trace de 1M d'événements



Place mémoire pour une trace de 1M d'événements



- Avec catégories
- Sans catégories

Conclusion

- Structuration : ajoute de la sémantique
 - Utile pour l'analyse
 - Permet des accès plus rapides
- Perspectives :
 - Seules catégories utiles ?
 - Quand ajouter les catégories et par qui ?
 - Coût de cet ajout ?